

LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Teknillinen tiedekunta

Ympäristötekniikan koulutusohjelma

**NAUDAN LIETELANNAN KÄSITTELYMENETELMIEN  
TALOUDELLINEN VERTAILU**

Työn tarkastajina ovat toimineet professori Lassi Linnanen ja TkT Risto Soukka.  
Diplomityön ohjaajana toimi professori Lassi Linnanen.

Lappeenrannassa 1.12.2007

---

Marcella Suomalainen

Panssarikatu 2 E 54

53850 Lappeenranta

puh. 050 – 343 2871

## **TIIVISTELMÄ**

Lappeenrannan teknillinen yliopisto  
Teknillinen tiedekunta  
Ympäristötekniikan koulutusohjelma

Marcella Suomalainen

### **Naudan lietelannan käsittelymenetelmien taloudellinen vertailu**

Diplomityö

2007

152 sivua, 46 kuvaa, 23 taulukkoa ja 1 liite

Tarkastajat: Professori Lassi Linnanen  
TkT Risto Soukka

Hakusanat: mädätys, kompostointi, lietelanta

Keywords: anaerobic digestion, composting, liquid manure

Maataloudessa syntyvä lanta on arvokas lannoite ja maanparannusaine, jonka käsittelystä aiheutuu sekä kustannuksia että ympäristövaikutuksia. Muita haasteita ovat esimerkiksi lannan mikrobit, lannan levitykseen soveltuvan ajankohdan lyhyys, lannan ravinteiden soveltaminen kasvien tarpeisiin ja lannan ravinteiden määrä suhteessa levityskelpoisen peltoalan määrään.

Tutkimuksen tavoitteena oli tunnistaa naudan lietelannan käsittelyketjuihin liittyvät kustannukset ja osoittaa eri käsittelyketjujen kustannusten eroavaisuudet. Tavoitteena oli myös tunnistaa ja osoittaa käsittelyketjujen laadulliset erot. Kustannukset selvitettiin kustannuslaskelmin ja laadulliset erot SWOT-menetelmällä. Tutkimuksen kohteeksi valittiin 6 tilakokoluokkaa ja käsittelyketjuiksi lietelanta-, kompostointi- ja mädätysketju.

Tutkimuksessa alhaisimmat kustannukset olivat lietelantaketjulla, jonka kustannukset 25 – 250 naudan tilalla olivat 5 200 – 6 600 €/a ja yksikkökustannukset 1 – 9 €/m<sup>3</sup>. Mädätysketjun kustannukset vastaavissa tilakokoluokissa olivat noin 33 000 – 50 000 €/a ja yksikkökustannukset 8 – 55 €/m<sup>3</sup>. Kompostointiketjun kustannukset olivat 35 000 – 143 000 €/a ja yksikkökustannukset 24 – 58 €/m<sup>3</sup>. Lietelantaketjun edullisuus johtui vähäisistä laite- ja rakennusinvestoinneista ja pienistä työmääristä ja kompostointiketjun kalleus suurista tukiaine- ja investointikustannuksista.

Käsittelyketjujen asettaminen paremmuusjärjestykseen oli hankalaa. Työn määrä oli pienin lietelantaketjussa ja toiseksi pienin suurilla tiloilla mädätysketjussa. Kompostointiketjulla itse levitykseen kuluva aika oli pienin. Ravinteiden osalta mädätysketju oli parhain ja kompostointiketju huonoin. Ympäristövaikutuksiltaan ja hajuhaitoiltaan kompostointi- ja mädätysketju olivat parhaimmat. Mikrobin osalta parhain oli kompostointiketju.

## **ABSTRACT**

Lappeenranta University of Technology  
Faculty of Technology  
Master's Degree Programme in Environmental Technology

Marcella Suomalainen

### **An Economic Comparison of Liquid Manure Handling Systems**

Master's thesis

2007

152 pages, 46 figures, 23 tables and 1 appendix

Examiners: Professor Lassi Linnanen  
D.Sc. (Tech) Risto Soukka

Keywords: anaerobic digestion, composting, manure

Animal manure is a valuable fertilizer, but manure handling and spreading causes both costs and environmental impacts. The other challenges of manure handling are for example harmful microbes, the limited time for spreading manure, the utilization of manure nutrients by crop and the amount of the manure compared to the available field area.

The objective of this study was to identify the costs of different manure handling systems for different farm sizes and to indicate the quality differences between the systems by using SWOT analysis. The compared manure handling systems were liquid slurry, composting and anaerobic digestion method. Six different farm sizes were chosen for comparison, ranging from 25 to 250 cows per farm.

In this study the liquid manure method had the lowest costs, with annual costs between 5 200 and 6 000 € and unit costs ranging from 1 to 9 €/m<sup>3</sup>. The annual costs of the anaerobic digesting method were between 33 000 and 50 000 € and the unit costs between 8 and 55 €/m<sup>3</sup>. The annual costs of the composting method were between 35 000 and 143 000 € and unit costs from 24 to 58 €/m<sup>3</sup>. The liquid manure method had both low investment costs and low operating costs, while the high costs of the composting method were due to high investment costs and structure material (peat) costs.

It was a difficult task to estimate the quality of the different manure handling systems. The amount of work was lowest in liquid manure method and with bigger farm sizes anaerobic digestion method had less work than composting method. The time used for spreading was lowest in the composting method. Digested slurry had the best nutrient availability for the crop and the composted manure worst, since nitrogen is mostly in organic form in composted manure and in inorganic form in digested slurry. The anaerobic digestion and composting method had lowest environmental impacts. The microbial hygienic quality was best in composted manure.

## ALKUSANAT

Tämän diplomityö lähti liikkeelle omasta kiinnostuksesta lannan käsittelystä kohtaan. Lämpimät kiitokset työn tarkastajille professori Lassi Linnaselle ja TkT Risto Soukalle ideoista ja rakentavista parannusehdotuksista.

Haluan kiittää Työtehoseuran Seppo Penttiä, joka useamman tunnin ajan jaksoi opastaa minua lannan levityksen saloihin. Kiitokset myös Timo Suholalle kannustavista sanoista työn loppumetreillä.

Suurimman kiitoksen haluan esittää rakkaalle Mikolleni. Kiitos kärsivällisyydestäsi ja kannustuksesta, sinun ansiostasi olen pystynyt asettamaan asioita tärkeysjärjestykseen.

*“Aloita ja epäonnistu aina uudelleen. Joka kerta kun epäonnistut, aloita taas alusta ja kasvat vahvemmaksi kunnes olet saavuttanut päämäärän - et ehkä sitä mikä aluksi oli mielessäsi, mutta päämäärän jonka muistat mielelläsi.”*

- Anne Sullivan

Lappeenrannassa 1. joulukuuta 2007

Marcella Suomalainen

## SISÄLLYSLUETTELO

<b>SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO .....</b>	<b>8</b>
<b>1 JOHDANTO .....</b>	<b>21</b>
1.1 Tutkimuksen tarkoitus ja tutkimusmenetelmät .....	22
1.2 Tutkimuksen rakenne ja rajaus .....	23
<b>2 LANNAN KÄYTÖN HAASTEET .....</b>	<b>23</b>
2.1 Lannan ominaisuudet .....	23
2.2 Tuotantoympäristön muutokset ja vaikutukset.....	24
2.3 Lannan ravinteiden yhteensovittaminen kasvien tarpeisiin .....	32
2.4 Maatalouden ympäristövaikutukset .....	36
2.4.1 Päästöt pinta- ja pohjavesiin .....	37
2.4.2 Päästöt ilmaan .....	39
2.4.3 Negatiivinen vaikutus maaperään.....	42
2.4.4 Positiiviset ympäristövaikutukset.....	42
2.5 Lannan mikrobit.....	43
<b>3 LANTAA JA SEN KÄSITTELYÄ KOSKEVAA SÄÄNNÖSTÖÄ.....</b>	<b>46</b>
3.1 Yleistä .....	46
3.2 Lannan varastointi.....	48
3.2.1 Varastotilojen mitoitus .....	50
3.2.2 Lantalan rakenteet .....	52
3.2.3 Lantalan sijainti.....	53
3.3 Lannan levitys.....	53
3.3.1 Ajankohta.....	53
3.3.2 Levityspaikka .....	54
3.3.3 Levitysmäärät.....	55
3.3.4 Kotieläintilalla tarvittava peltoala.....	57
3.4 Lannan mädätys tai kompostointi omalla tilalla.....	58
3.5 Erityistapauksia.....	59
<b>4 LANNANKÄSITTELYN ERI MAHDOLLISUUKSIA .....</b>	<b>60</b>

4.1	Varastointitavat.....	60
4.1.1	<i>Kuivikelannan varastointi.....</i>	<i>61</i>
4.1.2	<i>Lietelannan varastointi.....</i>	<i>63</i>
4.2	Käsittelymenetelmät .....	64
4.2.1	<i>Ilmastus.....</i>	<i>65</i>
4.2.2	<i>Separointi.....</i>	<i>67</i>
4.2.3	<i>Kompostointi.....</i>	<i>69</i>
4.2.4	<i>Mädätys .....</i>	<i>74</i>
4.2.5	<i>Muita käsittelymenetelmiä.....</i>	<i>79</i>
4.3	Levitysmenetelmät.....	79
4.3.1	<i>Kuormaus.....</i>	<i>80</i>
4.3.2	<i>Levitys.....</i>	<i>84</i>
<b>5</b>	<b>TARKASTELTAVAT KÄSITTELYKETJUT .....</b>	<b>89</b>
5.1	Lietelantaketju .....	89
5.1.1	<i>Prosessikuvaus .....</i>	<i>89</i>
5.1.2	<i>Kustannustekijät.....</i>	<i>90</i>
5.1.3	<i>Laatu- ja ympäristötekijät .....</i>	<i>91</i>
5.2	Rumpukompostointiketju .....	92
5.2.1	<i>Prosessikuvaus .....</i>	<i>92</i>
5.2.2	<i>Kustannustekijät.....</i>	<i>94</i>
5.2.3	<i>Laatu- ja ympäristötekijät .....</i>	<i>95</i>
5.3	Mädätysketju .....	98
5.3.1	<i>Prosessikuvaus .....</i>	<i>98</i>
5.3.2	<i>Kustannustekijät.....</i>	<i>99</i>
5.3.3	<i>Laatu- ja ympäristötekijät .....</i>	<i>100</i>
<b>6</b>	<b>TARKASTELTAVIEN KÄSITTELYKETJUIEN KUSTANNUKSET JA SWOT-ANALYYSIT .....</b>	<b>102</b>
6.1	Kustannustarkastelun kuvaus .....	103
6.1.1	<i>Investointikustannukset.....</i>	<i>103</i>
6.1.2	<i>Huolto- ja kunnossapitokustannukset.....</i>	<i>104</i>
6.1.3	<i>Muuttuvat kustannukset.....</i>	<i>105</i>

6.1.4	<i>Kustannuksia vähentävät säästöt</i> .....	106
6.2	SWOT-analyysin kuvaus.....	106
6.3	Lietelantaketjun kustannukset ja SWOT-analyysi.....	107
6.4	Kompostointiketjun kustannukset ja SWOT-analyysi.....	113
6.5	Mädätysketjun kustannukset ja SWOT-analyysi.....	118
6.6	Kooste kustannuslaskennan tuloksista .....	122
<b>7</b>	<b>POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET</b> .....	<b>124</b>
	<b>LÄHTEET</b> .....	<b>131</b>
	<b>LIITTEET</b>	

## SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

### Symbolit

A	pinta-ala	[m <sup>2</sup> ]
H	kustannus	[€]
L	limittymiskerroin	[%]
Q	tilavuusvirta vuorokaudessa	[m <sup>3</sup> /vrk]
T	aika	[h/m <sup>3</sup> ]
V	tilavuus	[m <sup>3</sup> ]
y	vakio	[-]
η	hyötytilavuus	[%]
v	keskinopeus	[km/h]

### Alaindeksit

kate	lietelantasäiliön kate
lanta-turve	lietelannan ja turpeen seos
reaktori	mädätysreaktori
rumpu	kompostointirumpu
säiliö	lietelantasäiliö
turve	kompostoinnin tukiaineena käytettävä turve
vaunu	liete tai kuivalannan levitysvaunu
viipymä	lietelannan viipymä mädätyksessä tai lietelanta-turveseoksen viipymä rumpukompostoinnissa
välivarasto	kompostoidun lannan välivarasto ennen siirtoa patteriin



**Yksiköt**

€	euro
a	vuosi
h	tunti
ha	hehtaari
J	Joule
kg	kilogramma
m <sup>2</sup>	neliömetri
m <sup>3</sup>	kuutiometri
t	tonni
W	watti
Wh	wattitunti
kW	kilowatti
kWh	kilowattitunti
vrk	vuorokausi

**Muuntokertoimet**

1 kWh	3,6 MJ
1 MJ	0,2778 kWh

k	kilo	10 <sup>3</sup>
M	mega	10 <sup>6</sup>
G	giga	10 <sup>9</sup>
T	tera	10 <sup>12</sup>
P	peta	10 <sup>15</sup>
E	eksa	10 <sup>18</sup>

## Lyhenteet

AYK	Alueellinen ympäristökeskus
BOD	Biokemiallinen hapenkulutus, biologinen hapenkulutus (BHK), biologinen hapentarve (BHT). Tarkoittaa hapen määrää, joka kuluu määrättyissä oloissa ja tietyssä aikana (yleensä 5 tai 7 vrk +25°C lämpötilassa) näytteessä olevien orgaanisten aineiden biologiseen hajotukseen happipitoisessa tilassa. (biochemical oxygen demand)
BOD <sub>7</sub>	Biologisen hapenkulutuksen tyypillinen testiaika. Eloperäisen aineen hapettamiseen tarvittavan hapen määrä seitsemän vuorokauden mittaisen testijakson kuluessa.
BSE	Bovine Spongiform Encephalopathy (hullun lehmän tauti)
C/P	Hiili/fosfori-suhde (carbon/phosphorus-ratio)
CHP	Yhdistetty sähkön- ja lämmöntuotanto (co-generation). Sähkön ja lämmön samanaikainen tuotanto. (combined heat and power)
CO <sub>2</sub> ekv.	Hiilidioksidiekvivalentti. Suure, jolla kuvataan eri kasvihuonekaasujen aiheuttamaa säteilypakotetta muuttamalla kasvihuonekaasujen pitoisuudet vastaavaksi määräksi hiilidioksidia
COD	Kemiallinen hapen kulutus (KHK, COD <sub>Mn</sub> ) Kuvaa veden sisältämien kemiallisesti hapettuvien orgaanisten aineiden määrää, eli vedessä olevaa eloperäistä ainetta, joka voi olla humusta, jätevettä, karjatalouden päästöjä tai luonnonhuuhtoumaa. (chemical oxygen demand)
DGI	Direct Ground Injection, ruiskutus suoraan maan sisään
EELA	Eläinlääkintä- ja elintarvikelaitos
EHEC	Enterohemorraginen <i>Escherichia coli</i> ; eräs vaikean verisen ripulin aiheuttaja
EläinsuojeluL	Eläinsuojelulaki 4.4.1996/247
EV	Elintarvikevirasto
Evira	Elintarviketurvallisuusvirasto

HRT	Viipymä, käsiteltävän jätteen/jäteveden viipymä käsittelyprosessissa
JäteA	Jäteasetus 3.12.1993/1390
JäteL, JL	Jätelaki 3.12.1993/1072
ka	Kuiva-aine
KemA	Kemikaaliasetus 12.7.1993/675
KemL	Kemikaalilaki 14.8.1989/744
KHK	Kasvihuonekaasu
KRVVO	Kunnan rakennusvalvontaviranomainen
KTM	Kauppa- ja teollisuusministeriö
KTTK	Kasvintuotannon tarkastuskeskus
KYSVO	Kunnan ympäristönsuojeluviranomainen
LCFA	Pitkäketjuiset rasvahapot (long chain fatty acids)
MKRL, MRL	Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132. Rakennuslaki.
MMM	Maa- ja metsätalousministeriö
MMMEEO	Maa- ja metsätalousministeriö, Eläinlääkintä- ja elintarvikeosasto
MRA	Maankäyttö- ja rakennusasetus 10.9.1999/895. Rakennusasetus.
MTTL	Maatalouden taloudellinen tutkimuslaitos
NaapL,	Laki eräistä naapuruussuhteista 13.2.1920/26.
NaapSL tai	Naapuruussuhdelaki. Lyhenn. NaapuruusL
OLR	Kuormitus, orgaanisen aineen määrä, joka lisätään reaktoriin, ilmaistaan usein kg orgaanista ainetta per tilavuus per vuorokausi (kg <sub>VS</sub> / m <sup>3</sup> d) (organic load rate)
ORC-turbiini	Turbiini, jossa höyryn sijasta käytetään työkaasuna orgaanista väliainetta (organic rankine cycle)
STM	Sosiaali- ja terveysministeriö
STMa	Sosiaali- ja terveysministeriön asetus
STMp	Sosiaali- ja terveysministeriön päätös
SWOT	Vahvuudet, heikkoudet, mahdollisuudet, uhat (strengths, weaknesses, opportunities, threads)

SYKE	Suomen ympäristökeskus
TLA, TieliikenneA	Tieliikenneasetus 5.3.1982/182
TLL, TieL, TieliikenneL	Tieliikennelaki 3.4.1981/267
TS	Total solid, kokonaiskiintoainepitoisuus
TSA, TervSuojaA	Terveystensuojeluasetus 16.12.1994/1280.
TSE	Tarttuvat spongiformiset enkefalopatiat
TSL, TervSuojaL	Terveystensuojelulaki 19.8.1994/763
TTL	Tartuntatautilaki 25.7.1986/583
TUKES	Turvatekniikan keskus
UE	Uusiutuva energia
VA, VesiA	Vesiasetus 1962/282
VFA	Haihtuvat (orgaaniset) rasvahapot esim. asetaatti, propionaatti, butyraatti, isobutyraatti, valeriaatti, isovaleriaatti. (volatile fatty acids)
VL, VesiL	Vesilaki 19.5.1961/264
VM	Valtiovarainministeriö
VN	Valtioneuvosto
VNa	Valtioneuvoston asetus
VNK	Valtioneuvoston kanslia
VNp	Valtioneuvoston päätös
VOC	Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (volatile organic compounds)
VS	Orgaaninen kuiva-aine, orgaaninen aine, hehkutushäviö (volatile solids)
VTT	Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus
YM	Ympäristöministeriö
YSA	Ympäristönsuojeluasetus 18.2.2000/169
YSL	Ympäristönsuojelulaki 4.2.2000/86
YVAA	Valtioneuvoston asetus ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 17.8.2006/713. YVA-asetus.
YVAL	Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 10.6.1994/468. YVA-laki.

### Kemialliset merkit ja kaavat

B	Boori
C	Hiili
Ca	Kalsium
CH <sub>4</sub>	Metaani
Cl	Kloori
Co	Koboltti
CO <sub>2</sub>	Hiilidioksi
Cu	Kupari
Fe	Rauta
H	Vety
H <sub>2</sub> O	Vesi
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Divetyfosfaatti-ioni
H <sub>2</sub> S	Rikkivety
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	Boorihappo
HNO	Nitroksyyli
HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Monovetyfosfaatti-ioni
K	Kalium
K <sub>2</sub> O	Kaliumoksidi
Mg	Magnesium
Mn	Mangaani
Mo	Molybdeeni
N	Typpi
N <sub>2</sub> O	Typpioksiduuli, dityppioksidi, ilokaasu
Na	Natrium
NH <sub>2</sub> CONH <sub>2</sub> tai CH <sub>4</sub> N <sub>2</sub> O tai tai OC(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	Urea (karbamidi, karbonyylidiamidi)
NH <sub>2</sub> OH	Hydroksyyliamiini
NH <sub>3</sub>	Ammoniakki
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Ammoniumtyppi

$N_j$	Hitaasti vapautuva (mineralisoituva) typpi
$N_{\text{kok}}$	Kokonaistyyppi
$N_{\text{liuk}}$	Liukoinen typpi
$N_m$	Mineralisoituva typpi
NO	Typpimonoksidi
$\text{NO}_2^-$	Nitriittityppi
$\text{NO}_3^-$	Nitraattityppi
O	Happi
P	Fosfori
$\text{PO}_4^{3-}$	Fosfaatti-ioni
S	Rikki
Si	Pii
$\text{SO}_2$	Rikkidioksidi
$\text{SO}_4^{2-}$	Sulfaatti
Zn	Sinkki

### Termit

Aerobinen	Happipitoinen, happea tarvitseva
Alkaliteetti	Emäksisyys. Erityisesti veden emäspitoisuus, joka määritetään haponkulutuksen perusteella, kun vesi titrataan tiettyyn pH-arvoon. Luonnonvesissä alkaliteetin aiheuttaja
Ammoniakki	Väritön ja voimakashajuinen typen kaasumainen mineraalimuoto. Ärsyttää silmiä ja limakalvoja. Saattaa myös tuhota henkitorven limakalvojen nukkakerrosta, jolloin erilaisille epäpuhtauksille ja mikrobeille avautuu helpompi pääsytie syvemmälle hengityselimistöön.
Ammonifikaatio	Orgaanisten typpiyhdisteiden (esim. virtsan urea) hajoaminen mikrobien toiminnan seurauksena. Tällöin vapautuu ammoniakkia tai ammoniumtyyppiä. Ammonifikaatiota tapahtuu myös happamassa ja märässä maassa.
Ammoniumtyppi	Epäorgaanisessa muodossa esiintyvä typpi

Anaerobinen	Kuvaa eliötä, elinympäristöä tai kemiallista reaktiota, josta puuttuu ilma (happi).
Asetogeneesi	Etikkahaponmuodostus
Biokaasu	Orgaanisesta aineesta anaerobisen mikrobitoiminnan seurauksena muodostuva kaasu, joka muodostuu lähinnä metaanista ja hiilidioksidista
Biokaasureaktori	Bioreaktori; säiliö tai tankki, missä tapahtuu biokaasun muodostumisen edellyttämä anaerobinen prosessi.
Biomassa	Orgaaninen aine
Denitrifikaatio	Nitraatin (ja nitriitin) pelkistyminen. Denitrifikaatiobakteerit hapettavat orgaanista ainetta käyttäen nitraattia ja nitriittiä happilähteenään. Denitrifikaatiota tapahtuu sekä maassa, vesissä että sedimenteissä. $\text{NO}_3 \rightarrow \text{NO}_2 \rightarrow \text{NO} \rightarrow \text{N}_2\text{O} \rightarrow \text{N}_2$
Eloperäinen	Elävistä tai kuolleista eliöistä (kasvit, eläimet) peräisin oleva aines esim. kasvien ja eläinten osat, turve, humus, lanta
Endotoksiini	Gram-negatiivisen bakteerin soluseinän osasia. Aiheuttaa ihmisille kuumereaktioita ja hengitysoireita (OTDS).
Energiaverolaki	Laki sähkön ja eräiden polttoaineiden valmisteverosta 30.12.1996/1260. Sähköverolaki.
Entero-	Suoleen liittyvä, suoli-
Enterobakteeri	Enterobacteriaceae-heimoon kuuluva bakteeri; laaja gramnegatiivisten sauvabakteerien heimo (esim. Escherichia, Klebsiella, Enterobacter, Proteus, Salmonella, Shigella, Yersinia, Citrobacter, Serratia), jonka bakteerit elävät mm. ihmisen ja eläinten suolistossa, jätevesissä, maaperässä ja luonnonvesissä; ihmiselle osa aiheuttaa tauteja etenkin suolistossa ja virtsateissä
Epäorgaaninen	Muu kuin kasveista ja eläimistä peräisin oleva aine esim. kivet, hiekka. Epäorgaanisia lannoitteita ovat mm. keinolannoitteet, kivennäiset, apatiitti, biotiitti.

Eroosio	Tuulen, jään tai sateen aiheuttama maaperän kuluminen, jossa maa-ainesta saattaa kulkeutua vesistöön. Kulkeutumisen saa Suomessa aikaan yleensä sade tai lumen sulamisvedet.
<i>Escherichia coli</i>	Kolibakteeri, suolistobakteeri
Fakultatiivinen bakteeri	Bakteeri, joka voi elää sekä hapellisissa että hapettomissa/vähähappisissa ympäristöissä
Fekaalinen	Ulosteisiin liittyvä
Fermenttori	Bioreaktori; säiliö tai tankki, missä tapahtuu biokaasun muodostumisen edellyttämä anaerobinen prosessi
Fytotoksinen	Kasvimyrkyllinen
Hapetus-pelkistyspot.	Eri yhdisteiden kyky siirtää elektroneja molekyyliltä toiselle
Happokäyminen	Asidogeneesi, haponmuodostus. yksinkertaisten sokerien, aminohappojen ja rasvojen hajoaminen lyhytketjuisiksi, haihtuviksi rasvahapoiksi
Hiilihydraatti	Orgaaninen yhdiste, joka syntyy ensisijaisesti kasvien fotosynteettisen hiilen yhteyttämisen tuloksena. Hiilihydraatit sisältävät hiiltä, vetyä ja hapetta.
Homogeeninen	Tasalaatuinen
Humus	Maakerros, jossa on pieneliöitä, maatuvia kasvijätteitä, maaeläimiä ja niiden ulosteita ja jätteitä. Humuksessa tapahtuu lahoamista pieneliöiden toimesta. Hajoamisessa vapautuu ravinteita kasvien käyttöön.
Hydrolyysi	Aineiden kemiallinen hajoaminen siten, että vesimolekyyli osallistuu reaktioon.
Hygienisointi	Desinfiointi. Aineen lämpökäsittely haitallisten mikrobien tuhoamiseksi
Immobilisaatio (typen)	Typen immobilisaatiolla (assimilaatio) tarkoitetaan maan mikrobien aikaansaamaa maan epäorgaanisessa muodossa olevan typen ( $\text{NH}_4^+$ , $\text{NH}_3$ , $\text{NO}_2^-$ , $\text{NO}_3^-$ ) sitomista orgaaniseen muotoon osaksi mikrobibiomassaa.



Indikaattori	Osoitin, ilmastin, ilmaisija; esim. aine, joka värinmuutoksellaan ilmaisee reaktion ekvivalenttikohdan tai esim. happamuuden.
Indikaattorilaji	Ilmentäjälaji, opaslaji; eliölaji, joka on erityisen herkkä jollekin ympäristötekijälle, jolloin lajin esiintyminen ilmaisee kyseisen tekijän.
Inhibiittori	Estäjä
Inhibitio	Toiminnan estyminen tietyn aineen (inhibiittori) vaikutuksesta
Kalkkistabilointi	Lietteen käsittely kalkilla (CaO; sammuttamaton kalkki) siten, että lietteen pH nousee käsittelyn aikana vähintään pH 12 ja lämpötila kohoaa samanaikaisesti vähintään 55°C:een kahden tunnin ajaksi.
Kestävä kehitys	Kestävän kehityksen ajatuksen mukaan nykyihmisen on elettävä niin, että luonto säilyy puhtaana, monimuotoisena, tuottavana ja uusiutumiskykyisenä tuleville sukupolville. Maataloustuotannon käsitetään olevan kestävää silloin, kun tuotantopanosten käyttö on tasapainossa niiden uusiutumisen ja kierrätyksen kanssa, peltomaa pysyy viljavana sekä ympäristö säilyy pilaantumattomana toiminnan ollessa kuitenkin tuottavaa. Maatalous voi olla kestävää yhtä hyvin tavanomaisesti kuin luonnonmukaisesti viljellyillä tiloilla. Sitä voidaan harjoittaa sekä suurilla että pienillä tiloilla.
Konsentraatio	Pitoisuus
Kuivalanta	Lanta, joka koostuu sonnasta ja kuivikkeeseen sidotusta virtsasta. Virtsasta voi olla myös erikseen virtsasäiliössä.
Lajispesifinen	Vaikuttaa vain johonkin / joihinkin tiettyihin lajeihin. Esim. torjunta-aine voi olla lajispesifinen.
Lanta-analyysi	Laboratoriossa tehty lannan koostumuksen selvitys.
Lietelanta	Sisältää sonnan ja virtsan, joihin on sekoittuneena myös vettä ja jonkin verran kuivikkeita sekä rehunjätteitä. Sisältää joissakin tapauksissa myös säilörehun puristenestettä.
Lipidi	Rasva-aine

Liukoinen typpi	Kasveille käyttökelpoinen typpi, joka koostuu ammonium- ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ) ja nitraattitypestä ( $\text{NO}_3\text{-N}$ )
Mesofiilinen	Lämpötila-alueella 30-35 °C toimiva
Metaanintuottopotentiaali	Orgaanisen aineen metaanintuottomäärä. Ilmaistaan esim. kuutioina kokonaiskiintoainekiloa kohti ( $\text{m}^3 \text{CH}_4 / \text{kg TS}$ )
Metanogeneesi	Metaanikäyminen, metaanintuotto. Metaanibakteerit muodostavat biokaasua etikkahaposta, vedystä ja hiilidioksidista.
Mikrobi	Mikro-organismi. Yhteisnimi pieneliöille, joita ovat bakteerit, alkueläimet, monet sienet sekä toisinaan myös virukset.
Mineraalit	Ravinteet, jotka vapautuvat hajoavasta (orgaanisesta) aineesta.
Mineralisaatio	Kallioperän rapautuminen tai orgaanisen aineksen hajoaminen mineraaleiksi. Mineraaleja ovat mm. alkuaineet, apatiitti, dolomiitti, kvartsi, maasälvät, nitraatit, sulfaatit. Typen mineralisaatiossa orgaaniseen ainekseen sitoutunut typpi vapautuu epäorgaaniseksi ammoniumtypeksi ( $\text{NH}_4^+$ ), kun heterotrofiset mikrobit käyttävät typellisiä yhdisteitä energianlähteenään.
Mädätys	Biokaasutus, biometanointi. Orgaanisen aineen anaerobinen käsittely, jossa bakteerit tuottavat biokaasua ja mädätettyä massaa.
Naapuruussuhdelaki	Laki eräistä naapuruussuhteista 13.2.1920/26. Lyhenn. NaapL, NaapSL tai NapuruusL.
Nitraatti	Luonnonkierrossa olevasta typestä osa muuttuu ammonifikaation seurauksena ammoniummuotoon. Ammoniummuodossa oleva typpi saattaa muuttua tiettyjen bakteerien toimesta hapettumalla nitriitiksi ( $\text{NO}_2$ ) ja edelleen nitraatiksi ( $\text{NO}_3$ ).
Nitraattiasetus	Valtioneuvoston asetus maataloudesta peräisin olevien nitraattien vesiin pääsyn rajoittamisesta 9.11.2000/931
Nitrifikaatio	Ammoniumin hapettuminen nitriitiksi ja edelleen nitraatiksi. $\text{NH}_4 \rightarrow \text{NO}_2 \rightarrow \text{NO}_3$

Orgaaninen	Eliössä esiintyvä tai niistä peräisin oleva
Patogeeni	Tautia aiheuttava mikrobi
Patterointi	Lannan aumavarastointia esim. soveltuvalla peltolohkolla
Polttoainemaksulaki	Laki polttoainemaksusta 30.12.2003/1280
Psykrofiilinen	Lämpötila-alueella <20 °C toimiva
Puristeneste	Säilörehun teossa rehumassan tiivistämisestä ja varastoinnin yhteydessä erittyvä neste. Sisältää runsaasti ravinteita, erityisesti typpeä.
Puskurointi	Kyky vastustaa pH:n muutoksia
Rakennusasetus	Maankäyttö- ja rakennusasetus 10.9.1999/895. Lyhenn. MRA.
Rakennuslaki	Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132. Lyhenn. MKRL, MRL.
Redox-aste	Redox-aste (Redox-potentiaali) kuvaa jonkin aineen hapetus- ja pelkistyskykyä. Sitä mitataan liuokseen kastetulla jalometallielektrodilla, ja se ilmoitetaan millivoltteina. Mitä korkeampi tuo luku on, sitä voimakkaammin aine hapettaa, alemmat lukevat sitä vastoin kuvastavat pelkisteitä. Käsite redox tulee vieraskielisistä lainasanoista reduktio ja oksidaatio.
Reduktio	Pelkistyminen
Räjähdyssainelaki	Laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta 3.6.2005/390
Salmonella	Eläimissä lisääntyvä salmonelloosi-nimistä tautia aiheuttava bakteeri. Salmonella lisääntyy eläimissä ja leviää kosketustartuntana. Tartunta tapahtuu pääosin ulosteista.
<i>Salmonella typhimurium</i>	Salmonella-sukuun kuuluva bakteeri, joka aiheuttaa hiirilavantautia.
Sivutuoteasetus	Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1774/2002 muiden kuin ihmisravinnoksi tarkoitettujen eläimistä saatavien sivutuotteiden terveysturvallisuudesta.
Sonta	Kotieläinten kiinteä uloste, joka koostuu rehun sulamattomista aineksista sekä suolen mikrobimassasta

Sähköverolaki	Laki sähkön ja eräiden polttoaineiden valmisteverosta 30.12.1996/1260. Energiaverolaki
Teollisuuskemikaaliasetus	Asetus vaarallisten kemikaalien teollisesta käsittelystä ja varastoinnista 29.1.1999/59
Termofiilinen	Lämpöä suosiva tai vaativa, esim. termofiilinen bakteeri
Termofiilinen prosessi	Lämpötila-alueella >50 °C toimiva prosessi
Typen immobilisaatio	Assimilaatio; maan mikrobien aikaansaama maan epäorgaanisessa muodossa olevan typen (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NH <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) sitominen orgaaniseen muotoon osaksi mikrobibiomassaa
Virtsa	Koostuu verenkierrosta poistuneista liukoista yhdisteistä ja vedestä
Virus	DNA:ta tai RNA:ta sisältävä partikkeli, joka pystyy toimimaan vain elävissä soluissa. Virukset ovat usein eliöissä sairauksien aiheuttajia.
<i>Yersinia</i>	Eläimissä esiintyviä bakteereja, jotka voivat aiheuttaa ihmiselle suolisto- ja yleisinfektioita. Yleisimmät oireet ovat kuume, vatsakipu ja ripuli.
YVA-asetus	Valtioneuvoston asetus ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 17.8.2006/713. Lyhenn. YVAA.
YVA-laki	Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 10.6.1994/468. Lyhenn. YVAL.
Zoonoosi	Selkärangaisesta eläimestä ihmiseen ja päinvastoin tarttuva tauti

## 1 JOHDANTO

Suomalainen maatalous toimii tänä päivänä liiketoimintaympäristössä, jossa taloudelliset, laadulliset ja ympäristölliset tekijät asettavat kiristyviä vaatimuksia tuotannolle. Kestävän kehityksen toteuttaminen on maatalousyrityksessä yhtä haasteellinen tehtävä kuin muuallakin yritysmaailmassa. Kustannusten ja ympäristövaikutusten minimoimiseen ja tuotannon tehokkuuteen tähtäävät investoinnit ovat maataloudessa pitkävaikutteisia, minkä vuoksi investointien suunnitteluun ja yleisesti toiminnan kehittämiseen on panostettava yhä enemmän.

Maataloudessa syntyvä karjanlanta on arvokas lannoite ja maanparannusaine, jonka varastoinnista, käsittelystä ja käytöstä aiheutuu sekä ympäristövaikutuksia että kustannuksia. Kustannukset aiheutuvat sekä suorista, kuten investointi- ja käyttökustannuksista, että epäsuorista kustannuksista, kuten maan tiivistymisestä aiheutuvista satotappioista. Ympäristövaikutukset ovat esimerkiksi lannan käsittelystä aiheutuvia hajuhaittoja tai lannan ravinteiden huuhtoutumisesta johtuvaa vesistöjen rehevöitymistä. Lisäksi raakalannan käyttö voi tuoda mukanaan esimerkiksi tauti- ja muita mikrobiologisia riskejä.

Lannan käyttö on ajallisesti ja määrällisesti rajoitettua. Mahdollisuus sen levittämiseen rajoittuu vain muutamaankin viikkoon vuodessa, minkä vuoksi lannanlevitysresurssien on oltava riittävän tehokkaita. Ravinteiden kertymisen ja huuhtoutumisen estämiseksi lantaa saa levittää vain tietyn määrän peltohehtaaria kohden, mikä saattaa johtaa tilanteeseen, ettei tilalla olekaan riittävästi peltoalaa käytettävissään.

Lannankäsittely on kokonaisuudessaan monivaiheinen prosessi, jossa on huomioitava kotieläintuotanto, lannan ravinteet hyödyntävä kasvintuotanto sekä myös työntekijöiden ja kotieläinten asettamat vaatimukset. Kustannusten ja ympäristövaikutusten minimoimiseksi ja sadon laadun takaamiseksi on mietittävä tarkkaan, miten lannankäsittelyketju kannattaa rakentaa.

Suomessa vuosittain muodostuvaa lantamäärää ei tilastoida, mutta määrää voi arvioida kotieläinten lukumäärän ja eläinkohtaisen lannan määrän perusteella. Suomen ympäristökeskus on arvioinut, että vuonna 2000 kaikkien kotieläinten tuottama lantamäärä oli noin 20 miljoonaa tonnia, josta hyödynnettiin noin 95 %. Vuoden 2002 eläinten lukumäärän perusteella naudat lantaa lietelannaksi laskettuna muodostui 15,3 miljoonaa tonnia ja sian lantaa 2,6 miljoonaa tonnia.

Suurin osa eli noin 81 % suomalaisilla maatiloilla tuotettavasta lannasta on peräisin naudoista. Kaikesta lannan tuotannosta lypsylehmien osuus on 52 %, vasikoiden 12 % ja muiden nautojen kuten lihanautojen 17 %. Sianlannan osuus kokonaislantamäärästä on 14 % ja siipikarjan alle 4 %. (Kapuinen 1999)

Yhden lypsylehmän tuottama vuotuinen lietelantamäärä on noin 20 – 25 m<sup>3</sup>, mutta esimerkiksi lypsylehmä-pihatoista lietelantaa saattaa vuodessa kertyä noin 35 – 40 m<sup>3</sup>/lehmä (Kapuinen 1994, 1999). Kirjallisuudessa on esitetty myös yhden lypsylehmän tuottamaksi lietelantamääräksi vain noin 12 – 16 m<sup>3</sup>/vuosi (Heinonen et al. 1992; Mikkola et al. 2002). Yhden eläimen tuottamaan lantamäärään vaikuttaa esimerkiksi ruokinta tai tuotostaso.

## **1.1 Tutkimuksen tarkoitus ja tutkimusmenetelmät**

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää tilakohtaisen naudat lietelannan käsittelyketjujen kustannukset ja osoittaa eri käsittelyketjujen kustannusten eroavaisuudet. Tavoitteena on myös tunnistaa ja osoittaa käsittelyketjujen ympäristölliset sekä laadulliset erot.

Käsittelyketjujen kustannukset ja kustannusten erot osoitetaan kustannuslaskelmin ja laadulliset erot SWOT-menetelmällä. Laadullisessa arvioinnissa huomioidaan myös menetelmien ympäristötekijät.

## **1.2 Tutkimuksen rakenne ja rajaus**

Luvut 1, 2, 3 ja 4 muodostavat tutkimuksen teoriaosuuden. Luvussa 1 esitetään johdanto, työn tarkoitus sekä rakenne. Luvussa 2 käsitellään lantaan liittyviä ongelmia ja haasteita ja luvussa 3 lantaan liittyvää lainsäädäntöä. Luvussa 4 esitellään erilaisia lannan varastointi-, levitys- ja käsittelytapoja.

Työn kokeellinen osa käsittää luvut 5 ja 6. Luvussa 5 kuvataan tutkimuksen kohteena olevat lietelannan käsittelyketjut, niiden kustannus-, laatu- ja ympäristötekijöitä ja luvussa 6 kuvataan tutkimusmenetelmät ja esitellään tutkimuksen tulokset. Luvussa 7 keskustellaan tutkimuksen tuloksista ja esitetään johtopäätökset.

Kokeellisessa osassa tarkastellaan kolmen erilaisen naudan lietelannan käsittelyketjun kustannuksia sekä ympäristö- ja laatu-tekijöitä. Tarkastelu tehdään tilakohtaisesti ja kuudella erikokoisella tilalla. Käsittelyketjuiksi valitaan lietelantamenetelmä, lietelannan rumpukompostointi ja lietelannan mädätys. Kukin käsittelyketju koostuu useammasta erilaisesta yksikköprosessista alkaen eläinsuojan ulkopuolelta ja päättyen lannan levitykseen.

## **2 LANNAN KÄYTÖN HAASTEET**

### **2.1 Lannan ominaisuudet**

Käsitteellä lanta tarkoitetaan joko kuivike- tai lietelantaa. Lietelanta sisältää eläimen sonnan ja virtsan, joihin on sekoittuneena myös vettä ja jonkin verran kuivikkeita sekä rehunjätteitä. Lietelanta sisältää joissakin tapauksissa myös säilörehun puristenestettä tai esimerkiksi pesuvesiä. Lietelannalle on ominaista se, että sitä täytyy voida käsitellä pumpaamalla. Kuivikelanta koostuu joko sonnasta ja kuivikkeeseen sidotusta virtsasta tai ainoastaan sonnasta, jolloin virtsa on erikseen virtasäiliössä. (Työtehoseura 2005)

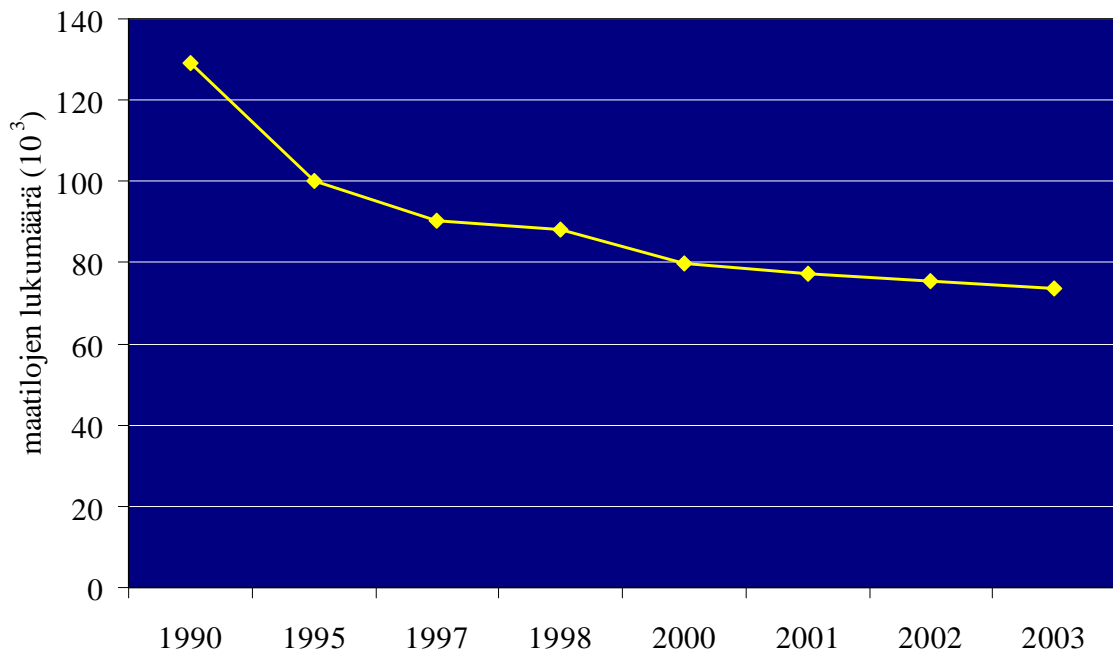
Sonnalla tarkoitetaan kotieläimen kiinteää ulostetta, joka koostuu rehun sulamattomista aineksista sekä suolen mikrobimassasta. Sonnan kuiva-ainepitoisuus on noin 20 %. Vaikka huomattava osa rehun energiamäärästä kuluu eläimen elintoimintoihin, kasvuun ja tuotokseen, sonta sisältää vielä runsaasti helposti hajoavia energiayhdisteitä. (Työtehoseura 2005) Sonta sisältää keskimäärin puolet kotieläinten ulosteiden typpimäärästä. Typpi on sonnassa pääasiassa orgaanisessa eli hitaasti vapautuvassa muodossa. Sonnassa on pääosa ulosteiden fosforista, joka etenkin tuoreessa sonnassa on puoliksi orgaanisessa ja puoliksi epäorgaanisessa muodossa. Sonta sisältää keskimäärin 25 % ulosteiden kaliumista. (Heinonen et al. 1992)

Virtsa koostuu eläinten verenkierrosta poistuneista liukoisista yhdisteistä ja vedestä. Virtsan orgaaniset yhdisteet hajoavat entsyymi- ja mikrobiotoiminnan tuloksena hyvin nopeasti. Samalla virtsan sisältämät kasviraavinteet vapautuvat epäorgaaniseen muotoon. Virtsan typpi on pääasiassa ureamuodossa. (Työtehoseura 2005)

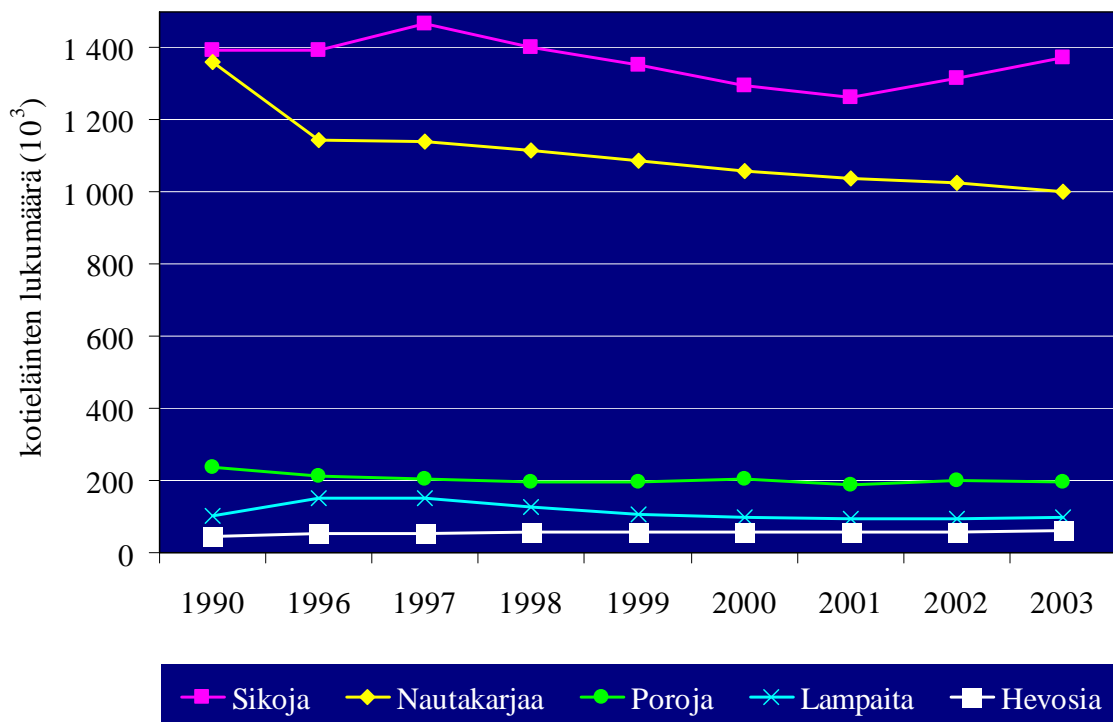
## **2.2 Tuotantoympäristön muutokset ja vaikutukset**

Viimeisten vuosikymmenien aikana suomalainen maatalous on kokenut voimakkaan rakenteellisen muutoksen, joka on tehostunut EU-jäsenyyden myötä. Selkeimmin rakenteelliset muutokset ovat näkyneet tilojen (kuva 1) ja eläinten lukumäärien vähentymisenä (kuva 2) sekä tilakokojen kasvuna. Vuodesta 1990 vuoteen 2003 mennessä maatilojen lukumäärä on laskenut noin 43 % ja vastaavasti kotieläinten määrä noin 31 %. Nautakarjan lukumäärä vuonna 2003 oli noin miljoona yksilöä, mikä on likimain 26 % vähemmän kuin vuonna 1990. Sikojen määrä on vuodesta 1990 laskenut vain pari prosenttia ollen vuonna 2003 noin 1,4 miljoonaa yksilöä. (Maa- ja metsätalousministeriö 2003)





**Kuva 1.** Maatilojen lukumäärä Suomessa vuosina 1990 – 2003. (Maa- ja metsätalousministeriö)



**Kuva 2.** Kotieläinten lukumäärä Suomessa vuosina 1990 – 2003. (Maa- ja metsätalousministeriö)

EU-jäsenyyden tuoma muutos suomalaiselle maataloudelle on aiheutunut paineista parantaa Suomen maatalouden kilpailukykyä ja alentaa sen saamaa tukea. Kuitenkaan EU-jäsenyys ei yksin ole vaikuttanut suomalaiseen maatalouteen, vaan myös valtion tarve alentaa maataloudesta aiheutuvia kustannuksia. (Lehtonen et al. 2002)

Pienten tilojen ongelmallisimpana kustannustekijänä on pidetty kiinteiden kustannusten suurta osuutta kokonaistuotantokustannuksista. Toinen merkittävä tuotantokustannuksia kasvattava tekijä on maatalouden kannalta huonot ilmasto-olosuhteet. (Kapuinen 1994) Tilojen kustannusrakenne riippuu luonnollisesti useasta eri tekijästä ja vaihtelee hieman tilakoon muuttuessa. Maatalouden taloudellisen tutkimuslaitoksen laskelmien mukaan (Haataja 1998) maidontuotantotilalla tai naudanlihatuotantotilalla merkittävimmät kustannukset ovat omaisuudesta (rakennukset, koneet) aiheutuvia kustannuksia. Niiden osuus maidon tai lihan tuotantokustannuksista on noin 40 %. Maidontuotantotilalla työstä (oma ja vieras) aiheutuva kustannus on lähes saman verran ollen noin 30 – 40 % kokonaiskustannuksista. Työkustannuksen osuus lihantuotantotilalla on noin 20 % tai jopa alle. Sekä lihan- että maidontuotannon kustannuksista lietelannan varastoinnin ja levityksen (lietelantamenetelmä) osuus on noin 2 – 4 %. Sähkön ja lämmön osuus kokonaiskustannuksista molemmissa tuotantosuunnissa on noin 1 – 4 %. Kustannusrakenne näyttäisi MTTL:n laskelmien valossa olevan kutakuinkin samanlainen maidontuotanto- ja lihantuotantotiloilla. Eläinmäärän kasvaessa maidon tuotannon yksikkökustannus laskee. Taulukossa 1 on esitetty intensiivisen maidontuotantotilan kustannukset eri nautamäärillä perustuen vuoden 1998 tietoihin. Taulukossa 2 on esitetty lietelannan käsittelystä aiheutuvat vuotuiset kustannukset varastointivaiheesta pellolle levitettynä eli lietelantamenetelmän kustannukset.

**Taulukko 1.** Maidon tuotantokustannus intensiivisillä maitotiloilla MTTL:n mukaan. (Haataja 1998)

<b>Nautojen lukumäärä</b>	<b>32</b>	<b>64</b>	<b>96</b>	<b>128</b>
<b>Tuotettu maitomäärä [l/a]</b>	<b>235 684</b>	<b>471 367</b>	<b>707 051</b>	<b>942 735</b>
Tarvikkeet [€a]	30 518	60 636	90 321	119 621
sähkö [€a]	1 283	2 438	3 465	4 363
poltto- ja voiteluaine [€a]	381	797	1 359	1 758
Työkustannus [€a]	30 119	55 653	78 879	103 355
Yleiskustannukset [€a]	3 452	5 899	8 506	10 970
Omaisuudesta aiheutuvat [€a]	40 395	65 941	94 003	116 398
<b>Yhteensä [€a]</b>	<b>104 484</b>	<b>188 129</b>	<b>271 708</b>	<b>350 355</b>
Vähenn. poistoeläimet [€a]	6 097	12 194	18 291	24 387
<b>Maidon tuotantokustannus [€a]</b>	<b>98 387</b>	<b>175 935</b>	<b>253 417</b>	<b>325 967</b>
<b>Maidon tuotannon yksikkökustannus [€/l]</b>	<b>0,42</b>	<b>0,37</b>	<b>0,36</b>	<b>0,35</b>

**Taulukko 2.** Lietelannan käsittelystä aiheutuvat vuotuiset kustannukset varastointivaiheesta pellolle levitettynä intensiivisillä maidontuotantotiloilla. (Haataja 1998)

<b>Nautojen lukumäärä</b>	<b>32</b>	<b>64</b>	<b>96</b>	<b>128</b>
<b>Lietelantamäärä [m<sup>3</sup>/a]</b>	<b>1 100</b>	<b>2 050</b>	<b>3 000</b>	<b>4 000</b>
Investointikustannukset [€a]	3 735	5 562	8 272	9 988
Muuttuvat kustannukset [€a]	463	888	1 267	1 707
traktori työ [€a]	263	492	698	935
ihmistyö [€a]	200	396	569	772
<b>Yhteensä [€a]</b>	<b>4 198</b>	<b>6 450</b>	<b>9 539</b>	<b>11 695</b>
Lannan arvo [€a]	3 432	6 483	9 535	12 586
Lannan nettoarvo [€a]	-766	33	-4	892

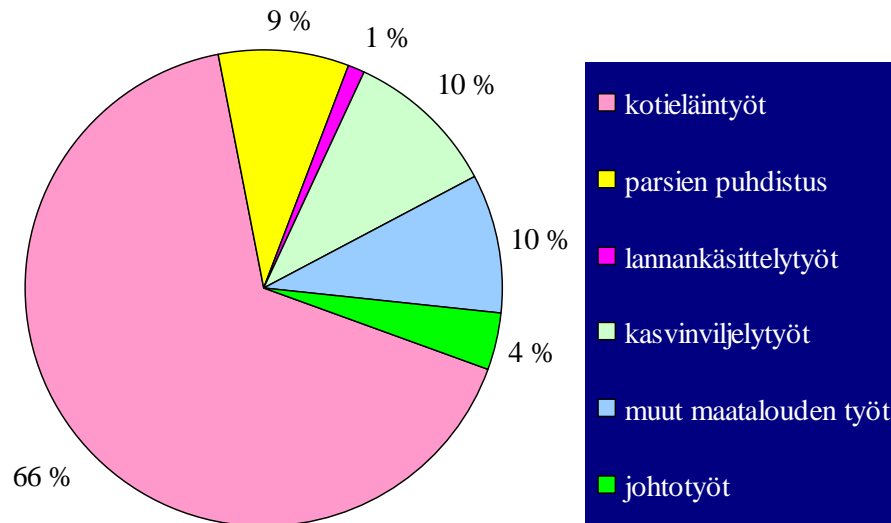
Viimeaikainen tuotantopanosten hinnan nousu luo myös ankaria paineita kustannusten karsimiseen, sillä tuottajan on vaikea siirtää kohonneita kustannuksia tuotteidensa hintoihin. Maatalouden tuotantopanokset ovat kallistuneet kesäkuun 2005 loppuun päättyneen vuoden aikana 3,3 %. Esimerkiksi lämmitysöljyn ja moottoripolttoöljyn hinta on vuodessa noussut yli 40 % ja lannoitteiden yli kolme prosenttia. (Maaseudun tulevaisuus 2005) Lannan ravinteilla voidaan korvata osa lannoitteista, minkä vuoksi lannan ravinteiden hyväksikäyttöä kannattaa parantaa. Lannan ravinnehäviöiden estämistä

pidetäänkin tärkeimpänä keinona lannan käytön tehostamisessa (Heinonen 1992). Lannalle voidaan laskea rahallinen arvo, joka muodostuu sen sisältämistä ravinteista ja edelleen ravinteiden arvot voidaan johtaa ravinteiden hinnasta väkilannoitteissa. Lannan rahallista arvoa määrittäessä otetaan lannan ravinteista huomioon sen sisältämä liukoinen typpi, 75 % kokonaisfosforista ja kalium kokonaan. Runsaasti orgaanista typpeä sisältävän lannan orgaanisesta tyypestä voidaan arvostaa väkilannoitetypen veroiseksi 10 – 20 % levitystavasta riippuen. Esimerkiksi vuonna 2002 typen, fosforin ja kaliumin hinnat kemiallisissa lannoitteissa olivat 63,6 snt/kg, 128,3 snt/kg ja 47,7 snt/kg. (Kapuinen 2002b)

Rakenteellisten muutosten seurauksena karjatilojen koko on kasvanut merkittävästi. Vuonna 1985 karjantarkkailutoiminnassa mukana karjoissa oli keskimäärin 12,8 lehmää ja vuonna 2000 jo 17,8 lehmää (Kapuinen 2002b). Arvioiden mukaan vuonna 2010 maidontuotantotiloilla on keskimäärin jo 32 lehmää (Lehtonen et al. 2002).

Tilakoon kasvu ei pelkästään lisää tilalla kuljetettavan lannan määrää, vaan myös lannan kuljetusmatkat pitenevät, sillä lantaa voidaan levittää pelloille vain niillä kasvavien kasvien tarpeita vastaava määrä. Ihanteellisessa tilanteessa tilan läheisyydessä on paljon peltoalaa, jonne lanta voidaan levittää. Näin ei suinkaan aina ole, vaan lähipeltojen ympäristöstä saattaa alkaa alueet, jotka muodostuvat pääasiassa metsistä, soista ja järvistä, jotka ovat lannanlevityksen kannalta käyttökeltotonta aluetta. (Kapuinen 2002b; Taavitsainen et al. 2002)

Karjatilan koon kasvaessa lisääntyy työhön kuluva aika ja siten myös lannankäsittelyyn kuluva aika. Lannankäsittelyn suhteellinen osuus koko tilan työmäärästä pysynee tilakoosta riippumatta kutakuinkin samana ollen noin prosentin luokkaa (kuva 3). MTTL:n laskelmien mukaan (Haataja 1998) esimerkiksi intensiivisellä maidontuotantotilalla, jossa on 32 lehmää, lietelannan käsittelyyn (kuljetus ja levitys) menee vuodessa noin 30 tuntia eli lähes neljä kahdeksantuntista työpäivää koko tilan työmäärän ollessa noin 3 600 tuntia eli noin 455 työpäivää (taulukko 3). Vastaavasti 128 lehmän tilalla lietelannan käsittelyyn kuluu noin 115 tuntia eli hieman yli 14 kahdeksantuntista työpäivää koko tilan työmäärän ollessa noin 10 000 tuntia vuodessa.

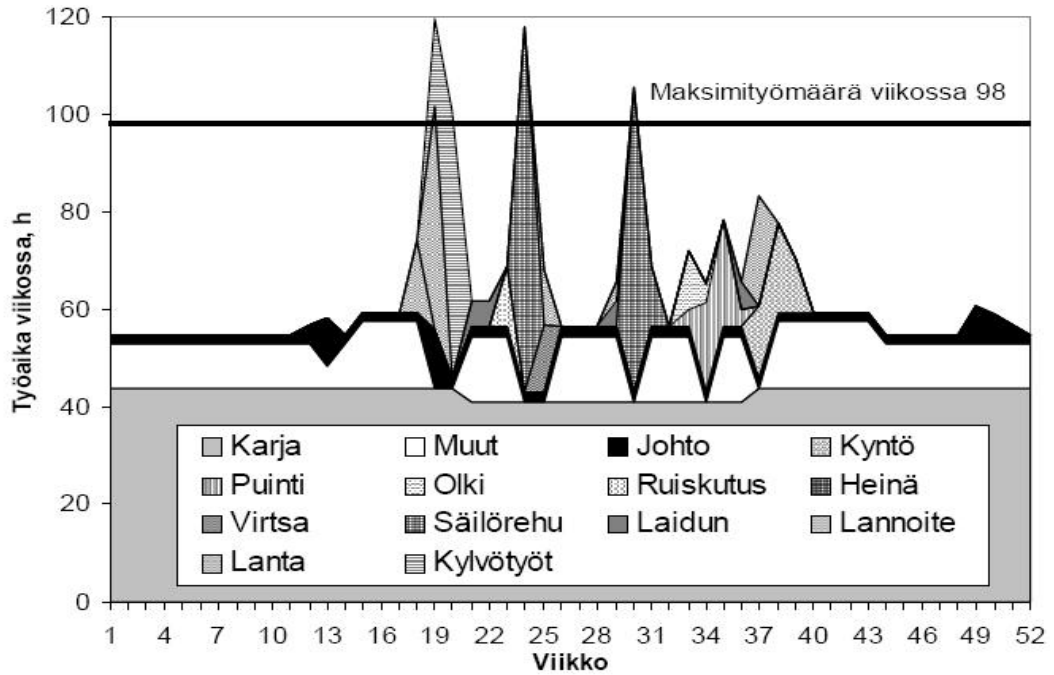


**Kuva 3.** Intensiivisen maidontuotantotilan työmäärien suhteelliset osuudet 96 naudan tilalla. (Haataja 1998)

**Taulukko 3.** Intensiivisten maidontuotantotilojen vuotuiset työmäärät MTTL:n laskelmien mukaan. (Haataja 1998)

Nautojen lukumäärä	32	64	96	128
Kotieläintyöt [h/a]	2 465	4 070	5 250	7 002
Parsien puhdistus [h/a]	260	484	704	937
Kasvinviljelytyöt [h/a]	279	542	818	1 051
Muut maatalouden työt [h/a]	480	506	759	674
Johtotyöt [h/a]	126	202	303	324
Lannankäsittelytyöt [h/a]	30	59	84	115
Tilan työmäärä yhteensä [h/a]	3 640	5 862	7 919	10 102

Tilojen työmäärä ei kuitenkaan jakaudu tasaisesti koko vuodelle (kuva 4), vaan esimerkiksi maitotilalla suuret työhuiput osuvat keväälle ja alkusyksylle, jolloin työpäivien pituus saattaa venähtää jopa kuusitoistatuntiseksi (Remes et al. 2003 ref. Klemola 2000). Toinen mahdollisuus on palkata tilalle apuvoimaa. Työhuippujen tasaamiseksi lannanlevitystöitä onkin ulkoistettu tai lannankäsittely hoidetaan useamman tilan yhteistyönä (Palva et al. 2004b). Urakoitsijan käytön tai yhteistyönä tehtävän lannankäsittelyn etuna on lisäksi se, että koneista aiheutuvia kiinteitä kustannuksia saadaan siten karsittua.

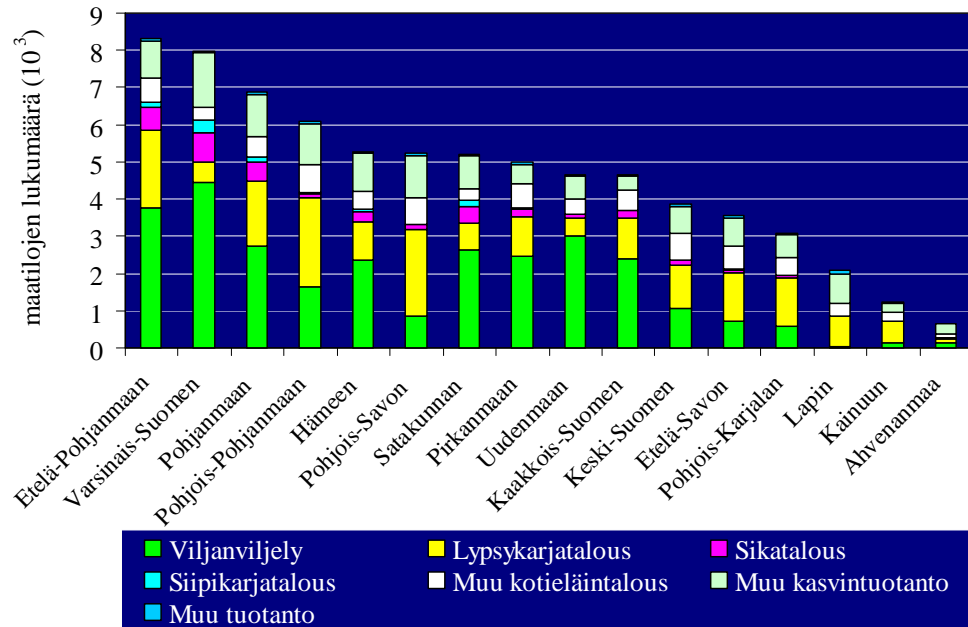


**Kuva 4.** Työhuippujen sijoittuminen kalenterivuodelle maitotilalla, jossa on 32 lypsävää, keskimäärin 50 hehtaaria peltoa ja peltotyöt tehdään yhdessä naapuritilan kanssa. (Kirkkari et al. 2003 ref. Klemola et al. 2000)

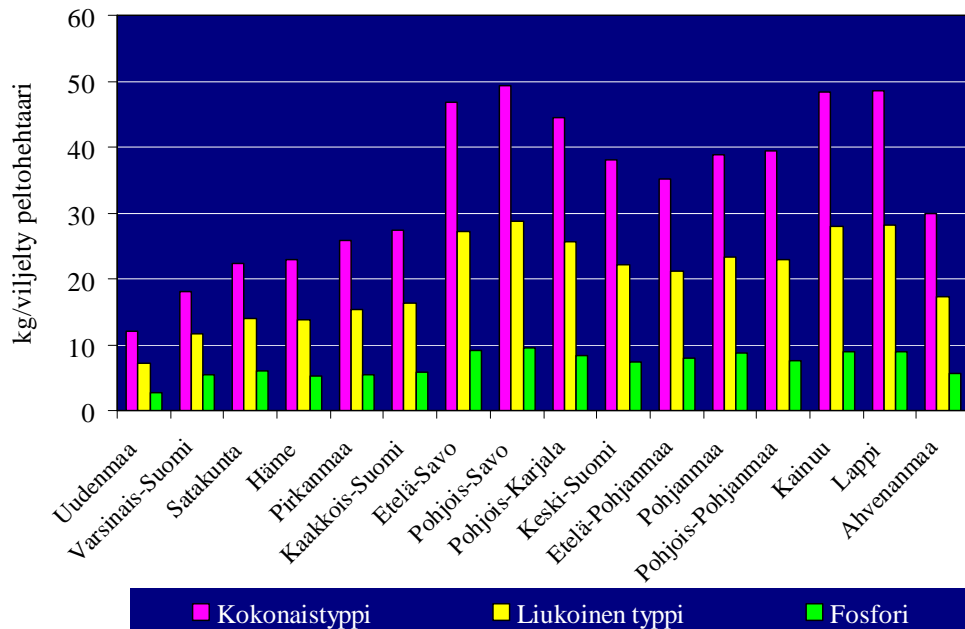
Lannanlevitykseen käytettävä ajankohta on rajallinen. Työtehoseuran tekemän selvityksen mukaan (Palva et al. 2004b) lietelannan letkulevitykselle sopivia ajankohtia on keväällä, kesällä ja syksyllä, kunakin kolme viikkoa eli yhteensä yhdeksän viikkoa. Vastaavasti kiinteän lannan levitykseen sopivia ajankohtia on keväällä ja syksyllä kunakin kolme viikkoa eli yhteensä kuusi viikkoa.

Yleisesti ottaen Suomen maatalous on jakautunut Etelä- ja Lounais-Suomen viljanviljelyyn ja pohjoisempien alueiden karjankasvatukseen. Maidontuotannon pääalueita (kuva 5) ovat Pohjois-Pohjanmaa ja Pohjois-Savo. Sikatalous on yleisintä Varsinais-Suomessa, Satakunnassa ja Pohjanmaalla. Keskittyneempiä viljanviljelyalueita ovat Uusimaa, Varsinais-Suomi, Satakunta ja Häme. Tällä hetkellä Suomessa tuotettavat lantamäärät ovat varsin kohtuullisia viljeltyyn peltoalaan nähden, mutta mikäli eläinten määrä ja näin ollen lannan sisältämien ravinteiden määrä suhteessa viljeltävään peltoalaan kasvaa, voi lannan käsittelystä muodostua merkittävä ongelma. Kuvassa 6 on esitetty alueittain sikojen ja

nautaeläinten lannassa olevan kokonaistypen, liukoisen typen ja fosforin määrät viljeltyä peltohehtaaria kohden. (Maa- ja metsätalousministeriö 2003)



**Kuva 5.** Maatilojen päätuotantosuunnat TE-keskuksittain. (Maa- ja metsätalousministeriö 2003)



**Kuva 6.** Sikojen ja nautojen tuottaman kokonaistypen, liukoisen typen ja fosforin määrä viljeltyä peltohehtaaria kohden alueittain.

Sivuelinkeinot tai muunlainen maaseutuyrittäjyys on maaseudulla nykypäivää. Lannankäsittely tuo mahdollisuuden joko sivu- tai pääelinkeinoon harjoittamiseen. Lanta elinkeinona voi urakoinnin lisäksi käsittää esimerkiksi lannan kompostoinnin ja valmiin kompostituotteen myynnin. Lanta on myös mahdollista mädättää ja käyttää sellaisenaan lannoitteena tai jatkojalostaa maanparannusaineeksi. Mädätyksessä muodostuu myös biokaasua, jonka avulla tuotettu energia voidaan myydä eteenpäin. Lannan mädätystä voisi tällöin kutsua energiayrittäjyydeksi. Biokaasun tuottaminen tukee myös maaseudun energiaomavaraisuutta. Tämän työn kustannustarkastelussa ei kuitenkaan huomioida valmiin kompostituotteen myynnistä saatavia tuloja, sillä kustannuslaskelmien lähtökohtana on oletus, että lanta käytetään tilan omilla pelloilla lannoitteena.

### **2.3 Lannan ravinteiden yhteensovittaminen kasvien tarpeisiin**

Kasvit käyttävät noin kahtakymmentä alkuainetta rakennusaineinaan ja kasvutoiminnan ylläpitämiseen. Kasveille tärkeimmät ravinteet ovat typpi, fosfori ja kalium, joista typpi on useimmiten viljelyskasvien kasvua rajoittava ravinne. (Palojärvi et al. 2002) Vesistöissä taas fosfori on tyypeä useammin kasvua rajoittava minimitekijä, sillä vesistöjen sinilevät ovat osittain omavaraisia typen suhteen sitoessaan ilmakehän tyypeä (Ylivainio et al. 2002).

Muita kasvien pääravinteita (makroravinteet) ovat hiili, happi, vety, kalsium, rikki ja magnesium. Hiiltä on kasveissa eniten ja sitä ne ottavat ilmakehästä hiilidioksidina. Happea kasvit ottavat hiilidioksidista ja vedestä, ja vetyä vedestä. Typpi, fosfori, kalium, kalsium, magnesium ja rikki ovat kivennäisaineita, joita kasvi ottaa maasta veteen liuenneina. Kasvit käyttävät esimerkiksi typen joko nitraatti-, ammonium- tai ureatyppenä ja fosforin fosfaatteina (taulukko 4). (Ylivainio et al. 2002; Juntti 2003)



**Taulukko 4.** Kasvien ravinteiden hyödyntämis muodot (Ylivainio et al. 2002; Juntti 2003)

Ravinne	Kasvin ottama muoto
Typpi (N)	$\text{NO}_3^-$ , $\text{NH}_4^+$
Fosfori (P)	$\text{PO}_4^{3-}$ , $\text{HPO}_4^{2-}$ , $\text{H}_2\text{PO}_4^-$
Kalium (K)	$\text{K}^+$
Hiili (C)	$\text{CO}_2$
Happi (O)	$\text{O}_2$
Vety (H)	$\text{H}_2\text{O}$
Kalsium (Ca)	$\text{Ca}^{2+}$
Rikki (S)	$\text{SO}_4^{2-}$ , $\text{SO}_2$
Magnesium (Mg)	$\text{Mg}^{2+}$
Rauta (Fe)	$\text{Fe}^{2+}$ , $\text{Fe}^{3+}$ , kelaattina
Mangaani (Mn)	$\text{Mn}^{2+}$ , kelaattina
Boori (B)	$\text{H}_3\text{BO}_3$
Sinkki (Zn)	$\text{Zn}^{2+}$ , kelaattina
Kupari (Cu)	$\text{Cu}^{2+}$ , kelaattina
Molybdeeni (Mo)	$\text{HMoO}_4$
Kloori (Cl)	$\text{Cl}^-$

Pääravinteiden lisäksi kasvit tarvitsevat myös jonkin verran hivenaineita kuten rautaa, mangaania, booria, sinkkiä, kuparia, molybdeeniä ja klooria. Joillekin kasveille on hyödyksi myös natrium (Na), koboltti (Co) ja pii (Si). (Ylivainio et al. 2002; Juntti 2003)

Kasvit ottavat vuodessa pääravinteita kymmenestä kahteensataan kiloon hehtaarilta ja hivenravinteita alle kilon hehtaarilta. Kasvien ravinteiden hyödyntämiseen vaikuttavat ravinteiden olomuodon lisäksi useat muutkin tekijät kuten maan happamuus, kasvityyppi, maan eliöstö ja maan rakenne. Esimerkiksi maan happamuuden noustessa paranee myös ravinteiden pääasiassa fosforin saatavuus kasveille. (Ylivainio et al. 2002; Juntti 2003)

Lanta sisältää monia kasveille tärkeitä ravinteita. Lannan ravinnepitoisuuksista on tehty lukuisia tutkimuksia sekä Suomessa että ulkomailla. Ravinnepitoisuuksiin vaikuttavat monet eri tekijät ja eri tutkimuksissa onkin päädytty hieman erilaisiin arvoihin. Lannan ravinnepitoisuus riippuu huomattavasti siitä, minkä eläimen lantaa se on, miten eläimiä on ruokittu, miten lanta on kerätty ja varastoitu. Taulukkoon 5 on koottu eri lähteistä lantojen ravinnepitoisuuksia.

**Taulukko 5.** Lantojen ja lantatyypin ravinnepitoisuuksia. (Lamminen 2001; Mikkola et al. 2002; Prokkola et al. 2003; Maa- ja metsätalousministeriö 2004a; Ørtenblad 2004)

Lantalaji	TS [%]	Tiheys [kg/m <sup>3</sup> ]	N <sub>kok</sub>	N <sub>liuk</sub>	P K Ca Mg Na					B	Cu	Mn	Zn
					[kg/t]								
<b>Nauta</b>													
kuivalanta	18,4	900	4,6	1,6	1,6	4,4	2,4	1,3	0,35	2,4	5,4	46	44
lietelanta	5-13	1000	3,3	1,9	0,6	2,9	1,3	0,44	0,27	1,3	2,6	14	17
virtsa	2,6	1000	3,1	2,2	0,1	4,5	0,4	0,17	0,3	1	0,4	1,5	2,8
<b>Sika</b>													
kuivalanta	23	750	7,2	2,1	3,8	4,6	5,2	1,4	0,9	2,6	27	69	150
lietelanta	3,7	1000	4,2	2,9	1,6	1,9	1,4	0,33	0,4	0,8	9,1	11	32
virtsa	1,8	1000	2,6	1,8	0,2	1,5	0,4						
<b>Kana</b>													
kuivalanta	38,2	400	15,6	7,2	5,9	6,4	24,3			12	26	208	205
lietelanta	4,3	1000	4,2	3,4	2	1,9							
<b>Hevonen</b>													
kuivalanta	27	650	4,6	0,8	1,3	4,3	0,5						

Edellä olevasta taulukosta nähdään, että liukoisen typen (N<sub>liuk</sub>) osuus nautan lietelannassa on noin 60 %. Loput lannan typestä on orgaanista typpeä, joka vaati mineralisaation muuttuakseen kasveille käyttökelpoiseen ammonium-muotoon. Lannan orgaaninen typpi voidaan jakaa ensimmäisenä vuonna mineralisoituvaan typeen (N<sub>m</sub>) ja vasta myöhemmin vapautuvaan jälkivaikutustyypeen (N<sub>j</sub>) (Heinonen et al. 1992; Kuitunen & Martikainen 1993).

Lietelannan liukoinen typpi on pääasiassa ammonium- (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) ja ureamuodossa (CH<sub>4</sub>N<sub>2</sub>O) ja siten kasveille täysin käyttökelpoista. Lannankäsittelyn eri vaiheissa typpeä kuitenkin häviää esimerkiksi kaasumaisena emissiona. Tutkimusten mukaan lietelannasta haihtuva ammoniakki voi aiheuttaa 24 – 80 % typpihävikin. (Heinonen et al. 1992; Joki-Tokola 1998). Liukoinen typpi voi myös immobilisoitua orgaaniseksi typeksi maaperässä tai lantaa käsiteltäessä (Palojärvi et al. 2002).

Ensimmäisenä vuonna mineralisoituvan typen käyttökelpoisuus riippuu viljeltävästä kasvilajista. Mitä pidempi on kasvin aktiivinen kasvuaika, sitä suuremman osan lannan

$N_m$ :stä se pystyy käyttämään. Suurin osa sadonkorjuun jälkeen vapautuvasta typestä huuhtoutuu. Joidenkin tutkijoiden mukaan ensimmäisenä vuonna mineralisoituvan typen todellinen vaikutus on viljoilla  $0,5 \cdot N_m$ , perunalla ja juurikasveilla  $0,7 \cdot N_m$  ja nurmella  $0,9 \cdot N_m$ . (Heinonen et al. 1992) Orgaanisen typen mineralisaation määrään ja suhteeseen vaikuttavat maan orgaanisen aineksen määrä ja laatu, orgaanisen aineksen hiili-typpi-suhde, lämpötila, kosteus, happamuus sekä maan mikrobisto. Esimerkiksi talvella maan jäätyminen ehkäisee orgaanisen aineksen mineralisaatiota ja typen vapautuminen pysähtyy. (Ylivainio et al. 2002)

Lannan vaikealiukoinen jälkivaikutustyyppi ( $N_j$ ) mineralisoituu asteittain levitystä seuraavina vuosina ja keskimäärin 60 % vuosittain vapautuvasta typestä arvioidaan olevan kasvien kannalta tehoisaa. Jos karjanlantaa käytetään hyvin pitkän ajan samalla pellolla vuosittain, voidaan jälkivaikutustypen lannoitusarvoksi laskea levitystä seuraavan vuonna  $0,6 \cdot N_j$ . Satunnaisesti käytetyn lannan jälkivaikutus on kuitenkin huomattavasti pienempi. (Heinonen et al. 1992)

Liukoisen eli kasveille käyttökelpoisen fosforin määrä lannassa on laboratorioskokeiden mukaan 70 – 80 % kokonaisfosforista. Kuitenkin sen on useissa kokeissa todettu olevan samanveroista tai jopa tehokkaampaa kuin väkilannoitefosfori. Karjanlannan ja yleensä orgaanisen aineen on myös todettu parantavan maan ja väkilannoitteen sisältämän fosforin tehoa. Syiksi on esitetty, että orgaaniset hajoamistuotteet ja hiilidioksidi liuottavat kalsiumfosfaatteja, maan Redox-aste alenee lantaa käytettäessä, lanta nopeuttaa fosforin vapautumista maan humuksesta ja että lannan orgaaninen aines suojaa fosfaatteja pidentymiseltä maahiukkasiin. (Heinonen et al. 1992)

Useat eri tekijät vaikuttavat siihen, kuinka paljon lannan fosforista kasvit ehtivät tai pystyvät käyttämään. Syynä voi olla esimerkiksi viljeltävän maaperän ennestään korkea fosforitaso. Toisaalta vain noin kahdeksassa prosentissa Suomen pelloista fosforitaso on merkittävän korkea. (Yli-Halla et al. 2001; Mäkelä-Kurtto et al. 2002) Käyttämättä jäänyt fosfori sitoutuu maa-ainekseen ja varastoituu maaperään, josta osa fosforista voi päätyä esimerkiksi eroosion seurauksena vesistöön. Liukoinen fosfori päätyy myös helposti vesistöihin esimerkiksi sadevesien mukana. (Ylivainio et al. 2002)

Lannan kaliumia pidetään lähes väkilannoitekaliumin veroisena. Vain pieni osa kaliumista on hajottajapieneliöstön soluissa ja sekin liukenee nopeasti mikrobiston kuollessa. Myös lannan natrium on lähes kokonaan kasveille käyttökelpoista. (Heinonen et al. 1992)

Muiden lannan sisältämien ravinteiden välitöntä käyttökelpoisuutta kasveille ei ole juurikaan tutkittu.

## 2.4 Maatalouden ympäristövaikutukset

Maatalouden aiheuttamista negatiivisista ympäristövaikutuksista merkittävimmät ovat rehevöitymistä aiheuttavat ravinnepäästöt vesistöihin, kasvinsuojeluaineiden huuhtoumat, eroosio, pohjavesien pilaantuminen, happamoitumista aiheuttava ilmaan haihtuva ammoniakki (NH<sub>3</sub>) sekä biodiversiteetin väheneminen. Kasvihuonekaasujen, kuten metaanin (CH<sub>4</sub>) ja dityppioksidin (N<sub>2</sub>O) päästölähteenä maatalous ei myöskään ole merkityksetön. Taulukkoon 6 on koottu kahdesta eri lähteestä suomalaisesta maataloudesta peräisin olevien päästöjen määrät ja niiden osuudet koko Suomen päästöistä.

**Taulukko 6.** Suomen maatalouden ja koko Suomen eri päästömääriä (Suomen Ympäristökeskus 2005; Tilastokeskus 2005a, 2005b, 2005c)

Yhdiste	Maatalous [kt]	Koko maa [kt]	Osuus koko maan päästöstä [%]	Vuosi
<b>Rehevöittävät</b>				
Fosfori	2,6	4,2	62 %	2003
Typpi	39,5	77,1	51 %	2003
<b>Happamoittavat</b>				
Ammoniakki	29,7	33	90 %	2000
<b>Kasvihuonekaasut</b>				
Metaani	83,8	236,4	35 %	2003
Dityppioksidi	12	21,7	55 %	2003

Koko Suomen kasvihuonekaasupäästöt hiilidioksidiksi laskettuna vuonna 2003 olivat 85,58 Mt CO<sub>2</sub> ekv., josta maatalouden päästöjen osuus oli 5,47 Mt CO<sub>2</sub> ekv. eli hieman yli

kuusi prosenttia. Yllä olevassa taulukossa olevat maatalouden metaanipäästöt hiilidioksidiekvivalentteina olivat 1,76 Mt CO<sub>2</sub> ekv. vastaten kahta prosenttia koko Suomen kasvihuonekaasupäästöistä. Vastaavasti dityppioksidipäästöt olivat 3,71 Mt CO<sub>2</sub> ekv. ollen hieman yli neljä prosenttia koko maan kasvihuonekaasupäästöistä. (Tilastokeskus 2005a, 2005b, 2005c)

Lannan voi sanoa olevan syyllinen tai ainakin osasyllinen vesistöjen ravinnepäästöihin, pohjavesien pilaantumiseen, ammoniakki-, metaani- ja dityppioksidipäästöihin. Lannan käyttö voi välillisesti myös vaikuttaa eroosion syntyyn. Lannasta aiheutuvaa hajuhaittaa ei sovi myöskään unohtaa. Lannan käytöllä on myös positiivisia ympäristövaikutuksia, joista kerrotaan kappaleessa 2.4.4.

#### **2.4.1 Päästöt pinta- ja pohjavesiin**

Suomen ympäristökeskuksen laskelmien mukaan maataloudesta päätyy vuodessa 2,6 kt fosforia ja 39,5 kt typpeä Suomen pintavesiin. Maatalouden osuus vesistöjemme fosforikuormituksesta on 62 % ja typpikuormituksesta 51 %. (Suomen ympäristökeskus 2005) Ravinteet ovat peräisin pelloille levitetyistä lannoitteista, karjan lannasta, rehujen puristenesteistä ja maitohuoneiden pesuvesistä. Karjataloudesta peräisin olevan lannan aiheuttaman vesistökuormituksen on arvioitu olevan nautakarjan osalta 0,44 kg fosforia/eläinyksilö vuodessa ja 2,5 kg typpeä/eläinyksilö vuodessa. Sikataloudesta aiheutuva kuormitus on vastaavasti 0,07 kg fosforia/eläinyksilö vuodessa ja 0,42 kg typpeä/eläinyksilö vuodessa.

Lannan ravinteet päätyvät vesiin joko pellolle levitetystä lannasta tai suoraan lantaloista. Lantalat voivat olla huonokuntoisia ja vuotavia, tai ne on voitu jo alun perinkin mitoittaa liian pieniksi. Vesistökuormituksen muodostumisen kannalta on oleellista, miten paljon karjanlantaa levitetään pelloille. Jos lantala on liian pieni, lantaa joudutaan levittämään pelloille syksyllä ja talvella. Pelloilta ravinteet kulkeutuvat vesistöihin salaojien kautta, maassa valuvan veden tai erodoituneen maa-aineksen mukana. Etenkin fosfori, jolla on kyky sitoutua maahiukkasiin, päätyy vesistöihin ennemminkin maa-aineksen mukana. (Pitkänen 2001) Myös sääolosuhteilla, kuten sadannalla, lannan levityksen ajankohdalla,

kasvilajilla, maalajilla, pellon kaltevuudella ja lannan orgaanisen typen mineralisaatioasteella on merkitystä ravinteiden huuhtoutumiseen. (Ylivainio et al. 2002)

Maataloudesta vesistöihin päätyvät typpi on yleisimmin nitraattityppeä ( $\text{NO}_3^-$ ), sillä sen huuhtoutumisherkkyys on suurempi kuin esimerkiksi ammoniumtypen ( $\text{NH}_4^+$ ) (Ylivainio et al. 2002). On myös todettu, että esimerkiksi lietelannan pintalevityksen jälkeen suurin osa pintavalunnassa huuhtoutuvasta typestä voi olla ammoniumtyppeä (Turtola & Kempainen 1998). Käyttämättä jäänyt lannan ammoniumtyppi voi muuntua nitrifikaation seurauksena nitriitiksi ( $\text{NO}_2^-$ ) ja edelleen nitraatiksi ( $\text{NO}_3^-$ ), joka näin ollen on alttiina esimerkiksi huuhtoutumiselle. Nitrifikaatioon vaikuttavat maan kosteus, lämpötila ja happamuus sekä orgaanisen aineen määrä maaperässä.

Fosfori päätyy vesistöihin joko veteen liuenneena tai maa-ainekseen sitoutuneena. Suuri osa maahiukkasiin sitoutuneesta fosforista päätyy vesistöjen pohjakerrokseen, koska levät eivät pysty tehokkaasti hyödyntämään sitä. Happikadon yhteydessä saattaa osa pohjakerrostumien sisältämästä fosforista palautua kiertoon ja lisätä vesistön rehevöitymistä. Vesistöön kulkeutunut liukoinen fosfori on puolestaan välittömästi levien käytössä. Lannan fosforista noin 70 – 80 % on liukoisessa muodossa ja näin ollen alttiina huuhtoutumiselle mikäli kasvit eivät sitä ehdi käyttämään ja sateita on runsaasti. (Kuitunen & Martikainen 1993; Friman 2003; Paavilainen 2003)

Maatalouden aiheuttama pohjavesien pilaantuminen johtuu useimmiten ravinteiden, pääasiassa typpiyhdisteiden (nitraatti, nitriitti, ammonium-typpi) kulkeutumisesta pohjavesiin. Pohjavesi voi kontaminoitua myös lannan mikrobien vuoksi. Lannan merkitys pohjavesien pilaajana korostuu etenkin silloin kun lantaa käsitellään huolimattomasti, lannan varastointiin käytettävät säiliöt ovat huonossa kunnossa tai lantavarastot ovat liian pieniä. Lannan ravinteiden pohjavesiin kulkeutumiseen vaikuttavat veden virtaukset maassa, yhdisteiden sorptio/desorptio, diffuusio jne. eli maan hydrauliset ominaisuudet ja ravinteiden ominaisuudet. (Kuitunen & Martikainen 1993)

Typen ja fosforin huuhtoutumiseen pelloilta voidaan vaikuttaa muun muassa tarkentamalla levitettävän lannan määrää. Tarkennuslannoituksen lisäksi ravinteiden huuhtoutumiseen

vaikuttaa myös moni muu tekijä, kuten viljelytoimenpiteet, viljelymenetelmät, maalaji ja sääolosuhteet. Esimerkiksi fosforin huuhtoutumista pelloilta voidaan rajoittaa eroosiota vähentävillä toimenpiteillä, kuten lisäämällä talviaikaista kasvipeitteisyyttä ja vähentämällä muokkausta. (Ylivainio et al. 2002)

#### **2.4.2 Päästöt ilmaan**

Suomen ammoniakkipäästöt vuonna 2000 olivat noin 33 kt, josta maatalouden osuus oli lähes 90 % eli noin 29,7 kt (Tilastokeskus 2005b). Ammoniakkipäästöt ovat kotieläinten määrän laskun myötä hieman laskeneet, sillä vuonna 1995 maatalouden ammoniakkipäästöjen arvioitiin olleen noin 31,2 kt (Grönroos et al. 1998a). On arvioitu, että naudon lanta aiheuttaa 65 % (21,5 kt), sian lanta 11 % (3,6 kt), kanan lanta 4 % (1,3 kt) ja väkilannoitteet 10 % (3,3 kt) maatalouden ammoniakkipäästöistä (Sipilä & Pehkonen 1998). Lypsylehmän keskimääräiset ammoniakkipäästöt ovat 31,5 kg NH<sub>3</sub>/v, kun lannan typpimäärä on 100 kg N/v, hiehojen 13,2 kg NH<sub>3</sub>/v lannan typpimäärän ollessa 45 kg N/v ja vasikoiden 9,1 kg NH<sub>3</sub>/v lannan typpimäärän ollessa 25 kg N/v. Ammoniakkipäästöistä vapautuu karjasuojassa keskimäärin 26 %, varastoinnin aikana 39 %, levityksen yhteydessä 24 % ja laiduntamisen aikana 11 %. (Grönroos 1998a)

Ammoniakin osuus lannan tyypeistä on riippuvainen pH:sta ja lämpötilasta. Mitä korkeampia ne ovat, sitä suurempi osuus ammoniumtyypeistä on ammoniakkinä. Mikäli pH nousee 7:stä 8:aan, NH<sub>3</sub> -pitoisuus nousee 8-kertaiseksi. (Rintala et al. 2002) On myös huomattava, että virtsasta peräisin olevan ureatypen alttius muuntua ammoniakiksi on ammoniumtyyppiä suurempaa (Nousiainen et al. 2004).

Lannasta aiheutuviin ammoniakkipäästöihin voidaan vaikuttaa muun muassa eläinten ruokinnalla tai estämällä ammoniakin haihtuminen karjasuojasta taikka varastoinnin tai levityksen aikana (Puumala & Grönroos 2004). Ammoniakin haihtuminen varastoinnin aikana voidaan estää kattamalla lanta- tai virtsasäiliöt mahdollisimman tiiviisti. Levitysvaiheessa ammoniakin haihtumista voidaan vähentää esimerkiksi multaamalla ja käyttämällä joko sijoitus- tai letkulevitysmenetelmää. (Kallioniemi 2002) Lannan

levitysjankokhta vaikuttaa myös ammoniakkipäästöihin. Keväällä tai kasvukauden aikana levitettäessä ovat ammoniakkipäästöt pienimmillään. (Klemola & Malkki 1995)

Suomen maatalouden metaanipäästöt vuonna 2003 olivat 83,8 kt, mikä on noin 35 % koko maan (236,4 kt) metaanipäästöistä. Maatalouden metaanipäästöt ovat peräisin pääasiassa kotieläinten ruoansulatuksesta (73,2 kt) ja lannankäsittelystä (10,6 kt). Lannankäsittelyn osuus koko Suomen CH<sub>4</sub> -päästöistä oli vuonna 2003 noin 4 %. (Tilastokeskus 2005c)

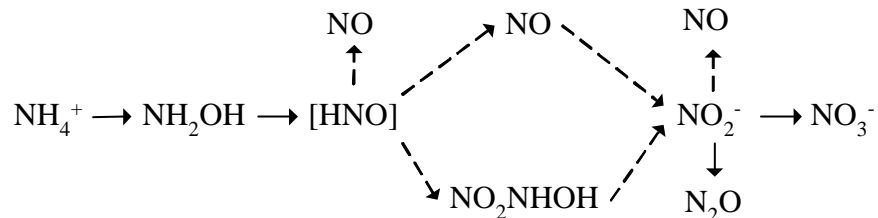
Lannan metaanipäästöt johtuvat lannan sisältämän orgaanisen aineksen hajoamisesta hapettomissa olosuhteissa. Hapettomat olosuhteet voivat syntyä lantavarastossa taikka maassa, jonne lantaa on levitetty. (Kuitunen & Martikainen 1993) Lannan varastoinnin ja käsittelyn metaanipäästöihin vaikuttava monet tekijät, kuten lannan määrä ja laatu, lannankäsittelyjärjestelmä ja ilmasto-olosuhteet (Pipatti et al. 2000). Esimerkiksi lannankäsittelyn metaanipäästöistä siat tuottavat runsaat puolet ja nautaeläimet jonkin verran vähemmän. Lannan varastointivaihtoehdoista puolestaan lietelanta tuottaa huomattavasti enemmän metaanipäästöjä kuin kuivikelanta eron ollessa jopa kymmenkertainen Suomen ilmasto-olosuhteissa. (Taavitsainen et al. 2002)

Lannasta aiheutuvia metaanipäästöjä voidaan vähentää jopa 70 % mädättämällä tai kompostoimalla. Toisaalta metaanipäästöjen vähentämisen kannalta kumpikin vaihtoehto on Suomen olosuhteissa kallis vaihtoehto. Naudan lietelannan kompostoinnista aiheutuva kustannus vähennettyä CH<sub>4</sub> -tonnia kohti on noin 12 000 – 14 000 euroa. Vastaavasti biokaasutuksesta aiheutuva kustannus olisi noin 27 000 – 30 000 euroa vuoden 1997 tietoihin perustuen. Kompostoinnilla ja biokaasutuksella saattaa olla myös ammoniakki- ja dityppioksidipäästöjä lisäävä vaikutus, ellei näiden päästöjen torjumiseksi ryhdytä toimenpiteisiin. (Pipatti 1997)

Maatalouden dityppioksidipäästöt (Tilastokeskus 2005a) vuonna 2003 olivat 12 kt, josta lannankäsittelyn osuus oli 1,5 kt ja maatalousmaan 10,5 kt. Lannankäsittelyn osuus Suomen dityppioksidipäästöistä on noin 7 %. Osa maatalousmaasta johtuvasta dityppioksidista on peräisin lannasta, joten todellisuudessa lannan aiheuttama dityppioksidipäästö on hieman tuota 7 % suurempi (Pipatti et al. 2000). Dityppioksidia



muodostuu muun muassa nitrifikaation sivutuotteena (kuva 7) ja denitrifikaation (kuva 8) loppu- tai sivutuotteena. Nitrifikaatiossa voi syntyä myös typpimonoksidia (NO) ja denitrifikaatiossa typpimonoksidia ja vapaata typpeä (N<sub>2</sub>). (Pihlatie 2001; Palojärvi et al. 2002)



**Kuva 7.** Kemoautotrofisen nitrifikaation reaktioketju Firestonen ja Davidsonin mukaan. Katkoviivoilla merkityjä reaktioita ei ole todistettu varmoiksi. (Pihlatie 2001 ref. Firestone & Davidson 1989)



**Kuva 8.** Denitrifikaation reaktioketju. Nitriitin ja typpioksiduulin välissä olevasta typpidioksidista ei ole täyttä varmuutta. (Kulmala & Esala 2000 ref. Wild 1993)

Lietelanta sisältää runsaasti ammoniumtyppeä, jolloin lannan käsittelyn ja varastoinnin aikana N<sub>2</sub>O:a tuottavat nitrifikaatio- ja denitrifikaatioprosessit ovat mahdollisia (Kulmala & Esala 2000). Samat reaktiot voivat tapahtua myös maaperässä. Nitrifikaatioon vaikuttavat maan kosteus, lämpötila ja happamuus sekä orgaanisen aineen määrä maaperässä. Nitrifikaatioon osallistuvien mikrobien optimilämpötila on yleensä 25 – 30 °C (Pihlatie 2001 ref. Haynes 1986). Tärkeimmät denitrifikaatioon vaikuttavat tekijät maassa ovat pH, lämpötila, nitraattipitoisuus ja vesipitoisuus, hapen osapaine ja orgaanisten hiilyyhdisteiden saatavuus denitrifioiville bakteereille (Pihlatie 2001 ref. Davidson 1991, Robertson 1994). Denitrifioivat mikro-organismit ovat maassa lähinnä aerobisia bakteereja, jotka pystyvät hapen puuttuessa pelkistämään typen oksideja (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO, N<sub>2</sub>O). Denitrifikaatiota esiintyy myös hapen läsnäollessa, mutta voimakas denitrifikaatioaktiivisuus yhdistetään yleisesti hapettomiin olosuhteisiin. (Pihlatie 2001 ref. Groffman 1991) Optimilämpötilana denitrifikaatiolle pidetään 30 – 67 °C (Pihlatie 2001

ref. Nômmik 1956, Bremner & Shaw 1958), mutta vähäistä denitrifikaatiota esiintyy jopa – 2 °C:ssa (Pihlatie 2001 ref. Dorland & Beauchamp 1991).

N<sub>2</sub>O-päästöjen muodostumiseen vaikuttavat prosessit ovat monimutkaisia ja päästöjen määrään vaikuttaa typpikuormituksen lisäksi myös muita tekijöitä, kuten maalaji, viljeltävä kasvi ja viljelyskäytännöt. Tämän vuoksi ei lannasta aiheutuvien typpioksiduulipäästöjen vähentämiseen ole esitetty mitään erillisiä keinoja. Päästöjen vähentämisen uskotaan olevan mahdollista lannoituksen aiheuttamaa typpikuormitusta pienentämällä. (Pipatti et al. 2000)

### **2.4.3 Negatiivinen vaikutus maaperään**

Lannan käytöstä aiheutuva negatiivinen ympäristövaikutus voi olla myös lannan levityksen yhteydessä tapahtuva maan tiivistyminen. Maan tiivistymisriski on suuri kun kostealla pellolla ajetaan paljon ja/tai painavilla kuormilla. (Haataja 1998)

Lannan levityksessä maan tiivistymistä tapahtuu usein keväällä ja syksyllä, jolloin maan olosuhteet ovat märät. Maan tiivistymisen seurauksena maan suuret huokokset pienenevät, vedenläpäisykyky heikkenee ja maan mekaaninen vastus lisääntyy. Maan rakenteen muutos vaikuttaa kasvien kasvuun ja satoihin. Kun maan vedenläpäisykyky hidastuu, voi veden hidas imeytyminen maahan lisätä pintavaluntaa ja eroosiota. (Klemola & Malkki 1995; Haataja 1998)

### **2.4.4 Positiiviset ympäristövaikutukset**

Lannan käyttö kasvien fosforin lähteenä on perusteltua, sillä esimerkiksi maapallon fosforivarojen on arvioitu riittävän enää noin 30 vuodeksi. Lannoitefosforia valmistetaan pääosin fosforiitista, jonka kadmiumpitoisuus on 10 – 100 mg/kg, mikä nostaa ravinnon raskasmetallipitoisuutta. Tosin Suomessa lannoitefosforin valmistuksessa käytetään apatiittia, jossa kadmiumia on tuskin lainkaan. Suomen maaperä on myös luontaisesti fosforiköyhää, joten lannan fosfori on arvokas ravinnelisiä. (Maataloudellisen tutkimuksen

neuvottelukunta 2001) Lannassa on myös muita kasveille hyödyllisiä ravinteita (ks. kappale 2.3).

Lannalla on myös jonkin verran maanparannusvaikutusta sen sisältämän orgaanisen aineksen ansiosta. Lannan orgaaninen aines vaikuttaa lannan ja maan ravinteiden käyttökelpoisuuteen maan vilkastuvan mikrobitoiminnan ansiosta. Lannan hajoaminen maassa tuottaa orgaanisia happoja ja hiilidioksidia, jotka liuottavat ja kelatoivat metalleja. Samalla metalleihin sitoutuneet anionit, esimerkiksi fosfaatit muuttuvat liukoisemmiksi. Myös lannan hajoamisesta johtuvat pelkistävät olosuhteet maassa parantavat eräiden kasviravinteiden liukoisuutta. (Heinonen et al. 1992)

Karjanlanta vaikuttaa maan fysikaalisiin ominaisuuksiin kohottamalla maan humuspitoisuutta ja vilkastuttamalla maan eliötoimintaa. Lannan hajoamisen välituotteet ja siitä muodostuva humus löyhentävät maata ja stabiloivat maan mururakennetta. Kastematojen lisääntyminen karjanlantaa käytettäessä merkitsee myös kestävien murujen muodostumista. Lannasta muodostuva humus lisää maan puskuri-, kationinvaihto- ja vedenpidätyskapasiteettia. Maaperän hyvä ja löyhä mururakenne estää tehokkaasti veden haihtumista ja maan liettymistä. (Heinonen et al. 1992)

Karjanlanta kiihdyttää maaperäeliöstön toimintaa, mikä on todettu muun muassa eliölaskennoilla sekä entsyymiaktiivisuus-, ATP- ja maahengitysmittauksilla. Toisaalta lanta muuttaa maaperäeliöstön suhteita. Lantaa ja sen hajoamistuotteita hyväksikäyttävät eliöt lisääntyvät enemmän kuin muut organismit. Karjanlannan sanotaan vahvistavan maan saprofyytistä eliöstöä niin paljon, että maaperässä elävät kasvitautien aiheuttajat ja tuholaiset vähenevät ja menettävät tehoaan. Tiettyjen ankerosten on todettu vähenevän karjanlantaa käytettäessä. Toisaalta useat saprofyytit voivat olla olosuhteista riippuen viljelyskasveille haitallisiakin. (Heinonen et al. 1992)

## **2.5 Lannan mikrobit**

Lannassa on aina suuri joukko eläinten suolistosta peräisin olevia mikrobeja, joista osa on eläimille tai ihmisille tauteja aiheuttavia (patogeenisiä) ja osa pilaa rehuja ja

elintarvikkeita. Tuoreessa sonnassa bakteeripitoisuus voi olla  $10^{10} - 10^{13}$  kpl/g. Pitoisuus vaihtelee määrittämenetelmästä riippuen siten, että mikroskopialla määritettynä mikrobipitoisuus on suurin. (Heinonen-Tanski 1998)

Lannan patogeenisiin mikrobeihin kuuluu sekä viruksia, alkueläimiä (esim. *Cryptosporidium*) että bakteereja (esim. *Salmonella*, *Yersinia*, *Listeria*, *EHEC*, *Mycobacterium*, *Campylobacter*, *Clostridium*). Monet näistä säilyvät hyvin maassa tai vesissä ja voivat levitä myös vesien tai rehujen välityksellä. Osa lannan mukana levinneistä mikrobeista aiheuttaa ruokamyrkytyksiä tuottamien toksisten aineiden vuoksi. (Sipilä & Pehkonen 1998)

Osa lantojen mikrobeista voi pilata rehuja sekä elintarvikkeita tuottamiensa happojen, vedyn, amiinien, hiilidioksidin tms. avulla. Tähän ryhmään kuuluvat muun muassa *Clostridium* (Sipilä & Pehkonen 1998). Säilörehun käymisen kannalta ongelmallisia ovat etenkin entero- ja voihappobakteerit, jotka kuluttavat rehun sokereita, mutta lisäävät kuitenkin rehun happamuutta. Lisäksi ne kykenevät hajottamaan rehun aminohappoja, joiden hajoamistuotteet kohottavat rehun pH-arvoa ja vähentävät sen maittavuutta. Voihappobakteerit säilyvät elinvoimaisina muodostamiensa itiöiden avulla myös happamassa säilörehussa. (Joki-Tokola 1998)

Tutkimusten mukaan nautojen salmonellatartuntojen määrä Suomessa on melko pieni verrattuna karjan kokonaismäärään. Vuonna 1999 salmonellaa todettiin vain 31 karjassa nautakarjan lukumäärän ollessa tuolloin noin 30 000 (Maa- ja metsätalousministeriö 1999b) EHEC:iä esiintyy Eläinlääkintä- ja elintarvikelaitoksen tutkimusten mukaan 1 – 2 prosentissa nautoista, mikä on hieman enemmän kuin salmonellan esiintyvyys Suomessa (Taimisto 1998).

Lantaa käsittelemällä esimerkiksi ilmastamalla, kompostoimalla, mädättämällä voidaan haitalliset mikrobit patogeenit hävittää mahdollisesti kokonaan. Hygieenisyyden takaamiseksi ei käsitelystä lannasta kannata määrittää aivan kaikkia patogeenejä, vaan niiden olemassaoloa ja määrää kannattaa tutkia erilaisten indikaattorilajien avulla. Indikaattoriorganismien tulee olla erittäin todennäköisesti lannasta löytyvä laji. Se ei saa

olla osa biologista prosessia (esimerkiksi kompostointia tai mädätystä) eikä yleinen laji maaperässä tai vesissä. Lisäksi sen eristämisen ja laskemistekniikan on oltava yksinkertainen, varma ja luotettava. Terveystieteissä yleiset indikaattorilajit, kuten *E. coli* ja sulfaattia pelkistävät klostridit eivät välttämättä ole riittäviä indikoimaan patogeeneja eläinten lannassa. (Rintala et al. 2002)

Tanskassa tehtyjen tutkimusten mukaan fekaaliset streptokokit osoittautuivat parhaiksi lannan patogeeni-indikaattoreiksi. (Rintala et al. 2002 ref. Bendixen 1997, Colleran 1999) Myös *Salmonella*-suvun bakteerien puuttuminen kuvaa hyvää hygieniatasoa (Rintala et al. 2002). Sivutuoteasetuksen mukaan käsitellyn lannan tulee olla puhdasta *Salmonella* (ei todettu/25g) ja enterobakteereista (< 100 PMY/g). Sivutuoteasetuksessa määritellään myös, että sulfiitteja pelkistävien *Clostridium*-bakteerien kokonaismäärä on vähennyttävä 1/1000 osaan prosessin aikana. (Maa- ja metsätalousministeriö 2004c) Leinosen ja Kuittisen (2001) mukaan patogeenisten bakteerien ja virusten vähenemisen indikaattoreiksi soveltuvat ilmastuksessa ja anaerobisessa käsittelyssä lämpökestoiset koliformiset bakteerit sekä fekaaliset enterokokit. Jos käsittelyssä saadaan riittävä väheneminen fekaalisten enterokokkien määrässä, voidaan katsoa käsittelyn hävittävän myös muita patogeenisia bakteereita (esim. salmonella, listeria, kampylobakteeri) ja viruksia (esim. suu- ja sorkkatauti). (Leinonen & Kuittinen 2001; Taavitsainen et al. 2002)

Merkittävin tekijä patogeenisten mikrobien tuhoamisessa on riittävän korkea lämpötila. Esimerkiksi EHEC:in optimikasvulämpötila on 37°C ja se kasvaa hyvin vielä lämpötila-alueella 30 – 42 °C. Alhaisissa lämpötiloissa kuten jääkaapissa tai pakastettaessa (-20 °C ja 9 kuukautta) EHEC ei kykene lisääntymään, mutta säilyy elinkykyisenä. Kuitenkin 54,4°C:ssa 90 % EHEC-bakteereista kuolee jo 40 minuutissa. Monet mikrobit voivat huonoissa olosuhteissa kuitenkin muuttua kestävämpään muotoon, nk. lepomuotoon, ja näin selviytyä käsittelystä. Lepomuotoja on vaikeaa havaita patogeenimäärityksissä. Muita mahdollisia patogeeneja tuhoavia tekijöitä ovat pH:n ja muiden kemiallisten olosuhteiden muutokset sekä mikrobien kilpailu muiden mikrobien kanssa. Myös ammoniakki, pesuaineet ja bakteerien metaboliatuotteet voivat inaktivoida patogeeneja. (Leinonen & Kuittinen 2001; Survo 2002)

### **3 LANTAA JA SEN KÄSITTELYÄ KOSKEVAA SÄÄNNÖSTÖÄ**

Lannan käsittely ja käyttö saattaa kuulua useamman eri viranomaisvalvonnan alaisuuteen riippuen esimerkiksi siitä, miten ja missä lantaa käsitellään, luovutetaanko tai myydäänkö käsittelemätöntä tai käsiteltyä lantaa taikka minkälaisia riskitekijöitä lannan käsittelyyn liittyy.

Lainsäädännön asettamia vaatimuksia tarkastellaan tässä yhteydessä pääasiassa tilanteessa, jossa omien kotieläinten tuottamaa lantaa käsitellään ja käytetään itse omilla pelloilla lannoitteena. Seuraavassa on esitetty lainsäädännön asettamat rajoitteet ja määräykset lantaan liittyville eri toiminnoille lähtien lainsäädännön yleisistä periaatteista.

#### **3.1 Yleistä**

Lanta voidaan luokitella jätteeksi, sillä jätelain (1072/1993) määritelmän perusteella jätteellä tarkoitetaan esinettä tai ainetta, jonka sen haltija on poistanut tai aikoo poistaa käytöstä taikka on velvollinen poistamaan käytöstä.

Jätelain (1072/1993) mukaan tuotannon harjoittajan on huolehdittava siitä, että tuotannossa käytetään säästeliäästi raaka-ainetta ja että raaka-aineen käyttöä korvataan jätteellä. Lisäksi jätelaissa mainitaan, että ensisijaisesti on pyrittävä hyödyntämään jätteen sisältämä aine ja toissijaisesti sen sisältämä energia.

Nitraattiasetuksen (Valtioneuvoston asetus maataloudesta peräisin olevien nitraattien vesiin pääsyn rajoittamisesta 9.11.2000/931) mukaan lannasta on tehtävä typpianalyysit viiden vuoden välein ja peltojen lannoitukseen käytetyistä typpilannoitemääristä on pidettävä kirjaa. Muutoinkin, mikäli kotieläinsuojalle on myönnetty ympäristönsuojelulain (86/2000) mukainen ympäristölupa, tulee luvanhaltijan noudattaa jätelain (1072/1993) mukaista kirjanpito- ja selvilläolovelvollisuutta. Käytännössä tällä tarkoitetaan, että luvanhaltijan on pidettävä kirjaa ja toimitettava lupaviranomaiselle tiedot ainakin

vastaanottosopimuksista ja syntyneistä lantamääristä. Myös ympäristötukiehtoihin (Maa- ja metsätalousministeriö 2005) sitoutuneen viljelijän on noudatettava kirjanpitovelvollisuutta.

Mikäli tilan eläimissä todetaan esimerkiksi salmonellaa, tulee tilalla välittömästi aloittaa toimenpiteet taudin leviämisen ehkäisemiseksi. Lanta tulee desinfioida ennen kuin se levitetään peltoon. Esimerkiksi sammutetun kalkin lisääminen siten, että lannan pH nousee yli 10:een tai lietelannan ilmastus ovat hyväksyttäviä lannan desinfiointikeinoja. (Maa- ja metsätalousministeriö 1999a)

Lantaa käsiteltäessä (varastointi, kuljetus, peltolevitys, kompostointi, mädätys) on noudatettava erityistä huolellisuutta ja varovaisuutta, jotta toiminnasta ei aiheudu

- terveyshaittaa (Terveydensuojelulaki 763/1994; Terveydensuojeluasetus 1280/1994)
- ympäristön pilaantumista tai sen vaaraa (Ympäristönsuojelulaki 86/2000; Ympäristönsuojeluasetus 169/2000; Jätelaki 1072/1993; Jäteasetus 1390/1993)
- maaperän tai pohjaveden pilaantumista (Ympäristönsuojelulaki 86/2000; Ympäristönsuojeluasetus 169/2000; Jätelaki 1072/1993; Jäteasetus 1390/1993; Vesilaki 264/1961)
- vedenhankinnan tai yleiseltä kannalta tärkeän muun käyttömahdollisuuden vaarantumista (Ympäristönsuojelulaki 86/2000; Ympäristönsuojeluasetus 169/2000)
- kohtuutonta haittaa naapureille (Laki eräistä naapuruussuhteista 26/1920)
- terveyshaittaa eläimille (Eläinsuojelulaki 247/1996; Eläinsuojeluasetus 396/1996; Rehulaki 396/1998)
- vaaraa, vahinkoa tai häiriötä tieliikenteessä (Tieliikennelaki 267/1981; Tieliikenneasetus 182/1982)
- palo- ja räjähdysvaaraa (esimerkiksi mädätyksessä muodostuvan biokaasun osalta) (Kemikaalilaki 744/1989; Kemikaaliasetus 675/1993; Laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta 390/2005)
- eläintautien leviämisen vaara (Eläintautilaki 55/1980; Eläintautiasetus 601/1980)
- kasvitautien leviämisen vaaraa (Laki kasvinterveyden suojelemisesta 702/2003)
- tartuntatautien leviämisvaaraa (Tartuntatautilaki 583/1986; Tartuntatautiasetus 786/1986)

### 3.2 Lannan varastointi

Lannan varastointi on toiminnallinen osa eläinsuojaa, jolle tarvitaan ympäristönsuojelulain (86/2000) mukainen ympäristölupa. Mikäli lanta kompostoidaan tai mädätetään luetaan se myös osaksi toiminnallista kokonaisuutta. Tällöin ympäristöluvassa annetaan määräyksiä esimerkiksi mädätyksessä muodostuneen biokaasun hyödyntämiselle, kompostoinnille tai kompostoidulle lannalle.

Vaikka lannanlevitys ja peltoviljely ei ole ympäristöluvanvaraista toimintaa ympäristölupaharkinnassa otetaan kuitenkin huomioon lannan levitykseen käytettävä peltopinta-ala. Lannan levityksestä voidaan antaa määräyksiä, jos levityspaikka sijaitsee tärkeillä tai muilla vedenhankintaan soveltuvilla pohjavesialueilla (luokat I ja II). Lannan käyttöä luokitelluilla pohjavesialueilla rajoitetaan tarvittaessa, mikäli pilaantumisen vaara on ilmeinen. (Ympäristöministeriö 2004). Lannan levitystä koskevia määräyksiä käsitellään kappaleessa 3.3.

Ympäristönsuojelulain mukaan ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttavalle toiminnalle on oltava ympäristölupa, jonka tarpeesta säädetään ympäristönsuojeluasetuksessa (169/2000). Lupa on haettava eläinsuojalle, joka on tarkoitettu vähintään 30 lypsylehmälle, 80 lihanaudalle, 60 täysikasvuiselle emakolle, 210 lihasialle, 60 hevoselle tai ponille, 160 uuhelle tai vuohelle, 2 700 munituskanalle tai 10 000 broilerille, taikka muulle eläinsuojalle, joka lannantuotannoltaan tai ympäristövaikutuksiltaan vastaa 210 lihasialle tarkoitettua eläinsuojaa. Pienikin kotieläinsuoja voi tulla luvanvaraiseksi esimerkiksi naapurussuhdelain tai terveydensuojelulain perusteella, vaikka eläinmäärä alittaisikin ympäristönsuojeluasetuksessa määritellyn eläinmäärän. Luvanvaraisuus voi ylittyä jos eläinsuoja sijoitetaan tärkeälle tai muulle vedenhankintakäyttöön soveltuvalla pohjavesialueelle ja toiminnasta voi aiheutua pohjaveden pilaantumisen vaaraa. (Ympäristöministeriö 2002, 2004)

Ympäristölupa haetaan kirjallisesti joko alueelliselta ympäristökeskukselta tai kunnalliselta ympäristöviranomaiselta (taulukko 7) riippuen eläinmäärästä tai eläinten tuottamasta lantamäärästä (YSA 169/2000).



**Taulukko 7.** Eläinsuojan ympäristöluvan lupaviranomainen eri eläinmäärillä (YSA 169/2000)

Eläinsuoja, joka tarkoitettu	kunnallinen ympäristöviranomaisen	alueellinen ympäristökeskus
Lypsylehmä	30 – 74	≥ 75
Lihanauta	80 – 199	≥ 200
Täysikasvuinen emakko	60 – 249	≥ 250
Lihasika	210 – 999	≥ 1 000
Hevonen tai poni	≥ 60	
Uuhi tai vuohi	≥ 160	
Munituskana	2 700 – 29 999	≥ 30 000
Broileri	10 000 – 49 999	≥ 50 000
Muu, jonka lannantuotanto vastaa lihasikaa	210 – 999	≥ 1 000
Siitosnaarasminkki tai –hilleri	250 – 1 999	≥ 2 000
Siitosnaaraskettu tai –supi	50 – 599	≥ 600
Muu siitosnaaras turkiseläin	50 – 799	≥ 800
Muu turkiseläin, jonka lannantuotanto vastaa siitosnaarasminkkiä	250 – 1 999	≥ 2 000

Ympäristölupahakemuksessa on perustietojen, kuten eläinmäärä- ja lantalatietojen, lisäksi oltava selvitys lannan ja virtsan levitykseen käytettävissä olevasta alueesta ja sen pinta-alasta sekä laidun- ja jaloittelualueista. Maidontuotantotilaa koskevassa hakemuksessa on oltava selvitys myös maitohuonejätevesien käsittelystä. Luvan liitteeksi tarvitaan useita eri dokumentteja, kuten esimerkiksi sijaintikartta, asemapiirros, eläinsuojan pohjapiirros leikkauskuvineen, pohja- ja leikkauspiirrokset lantavarastoista ja lietesäiliöistä. (Ympäristöministeriö 2002, 2004)

Eläinsuojan ja siihen liittyvien lantavarastojen rakentamiseen on oltava myös rakennuslupa (Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999; Maankäyttö- ja rakennusasetus 895/1999), jota haetaan kirjallisesti kunnalliselta rakennusvalvontaviranomaiselta. Lupahakemuksen liitteeksi tarvitaan erilaisia asiakirjoja, kuten asemapiirros ja rakennelmien pääpiirustukset.

Mikäli eläintenpitoon tarkoitettu rakennus otetaan käyttöön asema- tai rakennuskaava-alueella on siitä tehtävä ilmoitus kunnan terveydensuojeluviranomaiselle. (TSL 763/1994; TSA 1280/1994)

Uuden eläinsuojan rakentaminen edellyttää ympäristövaikutusten arviointia silloin kun kyseessä on kanala tai sikala, joissa kasvatetaan yli 85 000 kananpoikaa tai 60 000 kanaa; 3000 sikaa (paino yli 30 kg/sika) tai 900 emakkoa. (Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 468/1994; Valtioneuvoston asetus ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 713/2006)

Ympäristöluvanvaraisuudesta riippumatta lannan varastotilojen tulee aina noudattaa nitraattiasetuksen (VNa 931/2000) sekä maa- ja metsätalousministeriön rakentamismääräysten (MMM-RMO C4) vaatimuksia.

Mikäli tila hakee esimerkiksi eläinsuojien tai lantaloiden rakentamiseen tukea, ovat tuen perusteena olevat enimmäiskustannukset määritelty maa- ja metsätalousministeriön määräyskokoelman numerossa 100/01 (Maa- ja metsätalousministeriö 2002b).

### **3.2.1 Varastotilojen mitoitus**

Nitraattiasetuksen (VNa 931/2000) mukaan kotieläintilalla pitää olla niin suuri asianmukainen lantala, että siihen voidaan varastoida 12 kuukauden aikana kertynyt lanta. Laidunkausi, yhteislantalat, asianmukaiset suppeat jaloittelualueet ja pihattotyypiset kuivikepohjat otetaan lantalamitoituksessa huomioon. Lantalamitoituksista voidaan poiketa, jos lanta luovutetaan hyödyntäjälle, jolla on ympäristönsuojelulain mukainen lupa vastaanottaa lantaa taikka toiselle viljelijälle varastoitavaksi tai välittömään hyötykäyttöön. Taulukossa 8 on esitetty nitraattiasetuksen ja maa- ja metsätalousministeriön rakennusmääräysten mukaiset kuivikelantalan, virtsa- sekä lietesäiliön minimivarastointitilavuudet.

**Taulukko 8.** Kuivikelantalan, virtsa- sekä lietesäiliön minimivarastointitilavuudet eläintä (eläinpaikkaa) kohti. (VNa 931/2000; MMM-RMO C4 2001)

Eläinlaji	Kuivikelanta		Virtsa		Lietelanta		Kuivikelanta + virtsa kuivikkeeseen imeytettynä	
	[m <sup>3</sup> ]		[m <sup>3</sup> ]		[m <sup>3</sup> ]		[m <sup>3</sup> ]	
	8 kk	12 kk	8 kk	12 kk	8 kk	12 kk	8 kk	12 kk
Lypsylehmä <sup>1)</sup>	8,0	12,0	5,0	8,0	16,0	24,0	16,0	24,0
Hieho, emolehmä, lihanauta, siitossoppi	6,0	9,0	3,0	4,0	10,0	15,0	10,0	15,0
Nuorkarja 6..8 kk	3,2	4,8	1,6	2,4	5,6	8,0	5,6	8,0
Nuorkarja < 6 kk	1,6	2,4	0,8	1,2	2,8	4,0	2,8	4,0
Emakko porsaineen (normaali) <sup>3)</sup>		3,0		3,5		7,0		8,3
Satelliittiemakko porsaineen		4,4		5,2		9,6		12,0
Lihaska <sup>4) 6)</sup>		0,7		1,0		2,0	1,6	2,4
Siitossika, joutilas emakko <sup>5)</sup>	0,5	0,8	0,8	1,2	1,6	2,4	1,6	2,4
Vieroitettu porsas <sup>4)7)</sup>		0,5		0,5		1,0		1,2
Hevonen		-		-		-	8,0	12,0
Poni		-		-		-	5,0	8,0
Lammas, uuhi karitsoineen; vuohi, kuttu kileineen	1,0	1,5		-		-	1,0	1,5
Lattiakana, broileriemo		0,05		-		-		0,05
Häkkikana		0,05		-		-		0,05
Kalkkuna <sup>4)</sup>		0,03		-		-		0,03
Broileri, kananuorikko <sup>4)</sup>		0,015		-		-		0,015
Ankka, hanhi <sup>4)</sup>		0,04		-		-		0,04
Sorsa <sup>4)</sup>		0,025		-		-		0,025
Minkki-, hillerinaaras		-		-		-		0,25
Kettu-, supinaaras		-		-		-		0,5

<sup>1)</sup> Korkeatuottoisille karjoille suositellaan taulukossa esitettyjä lukuja suuremmat varastotilavuudet

<sup>2)</sup> Pihaton kuivikepohja voidaan huomioida varastona. Käytettäessä runsaasti kuivikkeita, varastotilaa tulisi varata taulukossa esitettyä enemmän.

<sup>3)</sup> Porsaas mukana n. 11 viikon ikään asti

<sup>4)</sup> Eläinpaikkaa kohti vuodessa

<sup>5)</sup> Koskee emakkorenkaiden keskusyksikköä; eläinpaikkaa kohti vuodessa

<sup>6)</sup> Koskee lihasikoja, joiden keskimääräinen teuraspaino on enintään 90 kg. Jos teuraspaino on suurempi, käytetään siitossian/joutilaan emakon arvoja

<sup>7)</sup> Porsas kasvatuksessa, ikävaihe 5...11 viikkoa

Lantaa kompostoitaessa tulee tilalla olla kuivalantalaksi luokiteltava varastotila kompostoidun materiaalin varastoimiseksi. Varasto tulee mitoittaa 3 kuukauden varastointia varten. Lisäksi kompostoidun lannan kuiva-ainepitoisuuden tulisi olla vähintään 30 %, jotta sen varastoinnissa voidaan soveltaa kuivalannalle annettuja varastointiohjeita. Jos kuiva-ainepitoisuus jää mainittua pienemmäksi, sovelletaan 12 kuukauden varastointikapasiteettia. (VNa 931/2000) Toimintahäiriöiden varalta käsittelemättömälle lannalle tulisi olla varastotilaa kuukauden tarvetta vastaavasti. (Ympäristöministeriö 1998)

Mikäli lanta mädätetään tulisi mädätetylle lannalle olla oma varastotilansa ja toimintahäiriöiden varalta raakalannalle omansa.

### **3.2.2 Lantalan rakenteet**

Lannan varastointitavasta riippumatta lantalan ja tarvittaessa virtsasäiliön rakenteiden tulee vesitiiviitä, jotta lannan ainesosat eivät pääse ympäristöön. Lantaloissa käytetyn betonin tulee täyttää tietyt lujuus- ja säänkestovaatimukset. (MMM-RMO C4 2001)

Lantavarastojen kattaminen on suositeltavaa, mutta ei pakollista. Kattaminen voidaan esimerkiksi ympäristönsuojelu- tai naapurisuuhdelain nojalla määrätä pakolliseksi. (MMM-RMO C4 2001) Lantalan kattamista kuitenkin edellytetään ympäristötukiehtoihin sitoutuneelta kotieläintilalta, mikäli tukiehtojen mukaiseksi lisätoimenpiteeksi on valittu lantalan ammoniakkipäästöjen vähentäminen (Maa- ja metsätalousministeriö 2004d).

Jos lanta varastoidaan kuivalantana tulee lantala mitoittaa siten, ettei lanta nesteineen valu lantalan ulkopuolelle. Lantalan reunat tulee tätä silmälläpitäen tehdä vähintään 50 cm korkeiksi. Myös ajoluiskan tulee olla vähintään 50 cm:n korkuinen. Ulkopuolella tulee olla kuiva ja kovapohjainen ajoluiska ja kuormauslaatta. (MMM-RMO C4 2001)

### **3.2.3 Lantalan sijainti**

Hajuhaitta on merkittävä kotieläinsuojien sijoittamiseen liittyvä ongelma. Rakennettaessa uusi kotieläinsuoja lantaloineen tai erillinen lantala talouskeskuksen ulkopuolelle, suositeltavan etäisyyden häiriintyviin kohteisiin tulisi olla olosuhteista riippuen 200 – 400 m. Vanhojen eläinsuojien laajennuksissa suositeltavan vähimmäisetäisyyden tulisi olla 100 m. (Ympäristöministeriö 2002a)

Kuivikelantaa voidaan poikkeustapauksissa varastoida pelloilla pattereissa. Lantapatteri hyväksytään lantavaraston korvikkeeksi, jos tilalla on vähän eläimiä (kuivikelantaa kertyy alle 20 m<sup>3</sup>/v) tai lannan kuiva-ainepitoisuus on vähintään 40 % eikä valumia aiheudu. Myös kompostoitu lanta voidaan siirtää kolmen kuukauden lantalavarastoinnin jälkeen patteriin, mikäli kuiva-ainepitoisuus on vähintään 30 %. Lantapatteri sijoitetaan tasaisen peltolohkon keskelle tai loivasti kaltevalle pellolle lähelle pellon yläreunaa. Patteria ei saa sijoittaa 100 metriä lähemmäksi vesistöä tai valtaojaa, viisi metriä lähemmäksi ojia eikä 100 metriä lähemmäksi talousvesikaivoa. Patterin pohjalle levitetään mutaa tai turvetta vähintään 15 cm:n kerros ravinnevalumiensa talteenottamiseksi. Talvella patterintekopaikalta poistetaan lumi. Lanta patteroidaan yhdessä tai muutamassa suuremmassa aumassa. Lantapatteri peitetään aina peitteellä tai vähintään 10 cm:n turve- tai muulla vastaavalla suojakerroksella, jotta ylimääräinen valunta ja haihdunta estetään. (VNa 931/2000)

## **3.3 Lannan levitys**

### **3.3.1 Ajankohta**

Typpilannoitteita, ja siten myös lantaa, ei saa levittää routaantuneeseen, lumipeitteiseen tai veden kyllästämään maahan. Lantaa ei saa levittää 15.10. – 15.4. välisenä aikana. Jos maa on sula ja kuiva ja valumiensa joutuminen vesistöön voidaan estää eikä pohjamaan tiivistymisvaaraa ole, voidaan lantaa levittää 15.11. asti ja aloittaa keväällä aikaisintaan 1.4. Nurmikasvuston pintaan lantaa ei saa levittää 15.9. jälkeen. Toistuvasti kevättulvan

alle jäävillä peltoalueilla typpilannoitus on kielletty, perustettavaa kasvustoa lukuun ottamatta, 1.10. – 15.4. välisenä aikana. (VNa 931/2000)

Lannan levityksen jälkeen pelto tulisi muokata mahdollisimman nopeasti, noin neljän tunnin sisällä lannan levityksestä. Lietelanta ja virtsa olisi suositeltavaa levittää sijoituslannoituksena. Muutoin lanta mullataan tai kynnetään. (VNa 931/2000)

Jos lantaa on levitettävä kasvukaudella, se on silloinkin pyrittävä sijoituslannoittamaan. Oraille ja nurmille voidaan käyttää pintalevitystä mieluiten letkulevittimellä. (VNa 931/2000)

Syksyllä lannanlevitystä tulee välttää. Syksyllä levitetty orgaaninen lannoite, kuten lanta, on aina välittömästi, viimeistään vuorokauden kuluessa, mullattava tai pelto kynnettävä. Lannan levitysmääriä on syksyllä pienennettävä. Turvemaiilla ei lannan syyslevitys ole suositeltavaa. (VNa 931/2000)

Kesantopellolle lantaa levitetään vasta välittömästi ennen kesantokauden jälkeisen kasvin kylvöä tai nurmen perustamista. Peltoon perustetaan kasvusto saman kasvukauden aikana sitomaan typpeä. Lanta tulisi levittää viileällä ja tyynellä säällä. Mikrobiologisen hajoamisen estämiseksi lanta on suositeltavaa levittää mahdollisimman myöhään syksyllä, mutta levityksessä tulee noudattaa nitraattiasetuksen määräyksiä. (VNa 931/2000)

### **3.3.2 Levityspaikka**

Typpilannoitus ja siten myös lannan levitys on nitraattiasetuksen (VNa 931/2000) mukaan kielletty viisi metriä lähempänä vesistöä. Seuraavan viiden metrin leveydellä typpilannoitteiden pintalevitys on kielletty, jos pellon kaltevuus ylittää kaksi prosenttia. Lannan pintalevitys on aina kielletty pelloilla, jonka keskimääräinen kaltevuus ylittää 10 prosenttia. Lantaa ei saa levittää 100 metriä lähemmäs vesistöä, mikäli tila on sitoutunut vuoden 2005 ympäristötuen ehtoihin ja käyttää fosforilannoituksessa neljän vuoden tasausjaksoa (Maa- ja metsätalousministeriö 2005).

Nitraattiasetuksen (VNa 931/2000) mukaan on suositeltavaa jättää vesistöjen rantaan ja valtaojien varsille vähintään 10 metriä leveä suojavyöhyke, jolle lantaa tai muita lannoitteita ei levitetä. Vuoden 2005 ympäristötukiehtoihin sitoutuneen tilan on jätettävä vähintään kolme metriä leveä suojakaista purojen ja vesistöjen varsilla sijaitseville pelloille (Maa- ja metsätalousministeriö 2005).

Nitraattiasetuksen ja ympäristötukiehtojen mukaisesti talousveden hankintaan käytettävien kaivojen ja lähteiden ympärille on jätettävä maaston korkeussuhteista, kaivon rakenteesta ja maalajista riippuen vähintään 30 – 100 metrin levyinen suojavyöhyke käsittelemättä kotieläinten lannalla. (VNa 931/2000; Maa- ja metsätalousministeriö 2005)

### 3.3.3 Levitysmäärät

Lannan levitysmäärä määräytyy sen sisältämän typen ja fosforin perusteella. Nitraattiasetuksen (VNa 931/2000) mukaan lantaa saa levittää pellolle lannoitteeksi sellaisen määrän, joka vastaa enintään 170 kg/ha/vuosi kokonaistyppeä. Jos kyseiseen peltoon ei ole sallittua levittää näin paljon typpeä, levitysmäärä on pienempi ja laskettava erikseen. Tilalla voidaan nitraattiasetuksen mukaan käyttää peltojen lannoitukseen typpeä vuosittain enintään seuraavat määrät, jotka sisältävät sekä väkilannoitteen että käytetyn karjanlannan ja orgaanisten lannoitteiden sisältämät typpimäärät:

- syysvilja enintään 200 kg typpeä/ha/vuosi, josta 30 kg typpeä/ha syksyllä ja 170 kg typpeä/ha keväällä, kestotyppeä käytettäessä levitetään enintään 40 kg typpeä/ha syksyllä ja 160 kg typpeä/ha keväällä
- peruna 130 kg typpeä/ha/vuosi
- heinä ja laidun, säilörehu ja puutarhakasvit 250 kg typpeä/ha/vuosi
- kevätilja, sokerijuurikas, öljykasvit ja muut enintään 170 kg typpeä/ha/vuosi

Nitraattiasetuksessa olevia typpimääriä voidaan joutua vähentämään esimerkiksi turvemailla.

Ympäristötukiehtojen mukaiset typpimäärät (taulukko 9) ovat nitraattiasetuksessa määrättyjä pienempiä. Typpimäärissä on huomioitava, että virtsasta, lietelannasta ja kuivikelannasta lasketaan typpilannoitusmääriin liukoinen typpi. Syksyllä levitetyn karjanlannan liukoisesta tpestä lasketaan typpilannoitusmäärään 50 %. (Ympäristöministeriö 2005)

Fosforin enimmäismäärät määräytyvät ympäristötukiehtojen mukaisesti. Lanta-analyysin mukaisesta lannan fosforista lasketaan kasveille käyttökelpoiseksi 75 %, mikä osuus lasketaan kasvikohtaisiin fosforimääriin mukaan. Turkiseläinten lannan sisältämästä fosforista lasketaan 40 % kasveille käyttökelpoiseksi. (Maa- ja metsätalousministeriö 2005)

**Taulukko 9.** Ympäristötukiehtojen sallimat vuotuiset typpi- ja fosforimäärät peltohehtaaria kohden. (Maa- ja metsätalousministeriö 2005)

Kasvilaji	Typpeä [kg/ha/vuosi]	Fosforia [kg/ha/vuosi]
Rehuvilja	90	15
Leipävilja		
Kevätvehnä	100	15
Syysvehnä, syksyllä	20	15
Syysvehnä, keväällä	100	-
Ruis, syksyllä	20	15
Ruis, keväällä	100	-
Öljykasvit	100	15
Sokerijuurikas	120	30
Ruokaperuna	60	40
Teollisuusperuna	80	40
Säilörehu	180	30
Heinä (kuiva heinä)	90	15
lisätyppi, jos odelma korjataan	60	-
Laidun	150	20
Nurmen perustaminen		
Suojavilja		25
Kesällä tai syksyllä perustettava nurmi		10
Yksivuotinen rehunurmi		20
Kokoviljasäilörehu		20



### 3.3.4 Kotieläintilalla tarvittava peltoala

Vaikka lannanlevitys ei ole ympäristöluvanvaraista toimintaa ympäristöluvassa annetaan määräyksiä kotieläintilalla tarvittavasta lannanlevitykseen soveltuvasta peltoalasta. Ottamalla huomioon eläinten lannan vuotuinen keskimääräinen ravinnesisältö (lannan kokonaisfosforista huomioidaan noin 75 %) ja pitämällä määräävänä kotieläinten lannasta saatavan fosforilannoituksen enimmäistasoa noin 20 kg kasveille käyttökelpoista fosforia/ha vuodessa saadaan taulukon 10 mukaiset eläinmäärät peltohehtaaria kohden. Mikäli lantaa hyödynnetään muutoin kuin peltojen lannoitteena tai lantaa levitetään toisen viljelijän pellolle, voidaan lannan määrän ja laadun muutokset ottaa huomioon taulukon eläinmäärissä lannan käyttöä koskevan sopimuksen voimassaoloaikana. (Ympäristöministeriö 1998)

**Taulukko 10.** Suositukset eläinten enimmäismääräksi peltohehtaaria kohti. (Ympäristöministeriö 1998)

Eläintyyppi	Typpi [kg/vuosi]	Fosfori [kg/vuosi]	Eläinten enimmäismäärä/ha
Lypsylehmä	100	18	1,5
Emolehmä	55	9	3
Hieho	45	7	4
Lihanauta, siitossoppi	55	7	4
Nuorkarja < 8 kk	16	3,5	8
Emakko porsaineen	40	9	3
Lihäsika (> 20 kg), siitossika, joutilas emakko	11	2,5	11
Vieroitettu porsas	3,3	1,0	27
Hevonen	65	10	3
Poni	45	7	4
Lammas, uuhi karitsoineen	17	3,5	8
Munituskana, broileriemo	n. 0,8	n. 0,2	135
Kalkkuna	n. 0,6	n. 0,2	135
Broileri, kananuorikko	n. 0,2	n. 0,05	540
Ankka, hanhi	n. 0,6	n. 0,16	180
Sorsa	n. 0,4	n. 0,1	270

Edellä olevan taulukon mukaan voidaan edelleen laskea tarvittava peltoala eli esimerkiksi 25 lehmän maitotilalla tarvittava peltoala on 16,7 hehtaaria.

### 3.4 Lannan mädätys tai kompostointi omalla tilalla

Mikäli ympäristölupavelvollinen kotieläintila mädättää tai kompostoi tuottamansa lannan, annetaan ympäristöluvassa määräyksiä esimerkiksi biokaasun, mädätetyn tai kompostoidun lannan hyödyntämiselle. Biokaasu tulee ensisijaisesti hyödyntää energiana, muutoin se on poltettava erillisessä kaasupolttimessa eikä sitä saa päästää sellaisenaan ilmaan. Käsitelty lanta tulee jätelain periaatteiden mukaisesti hyödyntää pelloilla ravinteena. (YSL 86/1999; JäteL 1072/1993)

Mikäli tilalle rakennetaan lannan kompostointi- tai mädätyslaitos, jossa käsitellään lantaa yli 20 000 tonnia vuodessa, edellyttää se ympäristövaikutusten arviointia. Tosin lantamäärä vastaa yli 800 lypsylehmän tuottamaa lietelantaa ja suomalaisella maitotilalla on keskimäärin noin 17 lehmää eli YVA-lain soveltaminen tulee todennäköisimmin kyseeseen vain silloin kun käsitellään useamman tilan lantaa samassa laitoksessa. (YVAL 468/1994; YVAA 713/2006)

Mädätyksessä muodostuva biokaasu luokitellaan sen sisältämän metaanin vuoksi erittäin helposti syttyväksi kaasuksi (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus vaarallisten aineiden luettelosta 509/2005; Sosiaali- ja terveysministeriön asetus kemikaalien luokitusperusteista ja merkintöjen tekemisestä 807/2001), johon sovelletaan ns. teollisuuskemikaaliasetusta (Asetus vaarallisten kemikaalien teollisesta käsittelystä ja varastoinnista 59/1999) silloin kun maakaasuasetus (1058/1990) ei tule kyseeseen. Turvatekniikan keskuksen mukaan teollisuuskemikaaliasetusta sovelletaan silloin kun esimerkiksi jätevedenpuhdistamoilla tai maatiloilla mädätyksessä syntynyt biokaasu käytetään ja varastoidaan samalla tuotantolaitoksella. Mikäli biokaasu johdettaisiin esimerkiksi tilan ulkopuolelle, sovellettaisiin tällöin maakaasuasetusta. (Rantakoski & Säkkinen 2000)

Biokaasun valmistus- ja käsittelylaitteistot, varastosäiliöt, putkistot ja niihin liittyvät laitteistot tulee suunnitella, mitoittaa, rakentaa ja sijoittaa siten ettei niistä aiheudu vaaraa. Laitteistot tulee myös varustaa riittävin suojaus- ja ohjausjärjestelmin sekä valvonta- ja varolaittein. Lisäksi on huomioitava, että biokaasun valmistus, varastointi ja käyttö katsotaan luvanvaraiseksi toiminnaksi, mikäli tuotantolaitoksessa on biokaasua vähintään 5

tonnia (noin 6900 m<sup>3</sup>). Biokaasun määrän ollessa vähintään 1 tonni (noin 1400 m<sup>3</sup>), on toiminnasta tehtävä ilmoitus kunnalliselle paloviranomaiselle. Määrän ollessa vähintään 10 tonnia tulee toiminnanharjoittajan laatia toimintaperiaateasiakirja ja turvallisuus selvityksen laatimisvelvoite on silloin kun biokaasun määrä tuotantolaitoksessa on vähintään 50 tonnia. (Teollisuuskemikaaliasetus 59/1999)

Käytettäessä mädätyksessä syntynyt biokaasu omalla tilalla sähköntuotannossa, ei siitä tarvitse maksaa valmisteveroa eikä huoltovarmuusmaksua (Laki sähkön ja eräiden polttoaineiden valmisteverosta 1260/1996). Mikäli biokaasua käytetään ajoneuvojen polttoaineena ei siitä tarvitse maksaa ajoneuvoveron käyttövoimaveroa (ns. dieselvero) eikä myöskään polttoainemaksua, jos ajoneuvo täyttää tietyt ympäristövaatimukset. (Ajoneuvoverolaki 1281/2003; Laki polttoainemaksusta 1280/2003)

### 3.5 Erityistapauksia

Kotieläintilan omaa raaka- tai käsiteltyä lantaa saa tällä hetkellä luovuttaa tilalta toiselle sillä edellytyksellä ettei tilalla esiinny tauteja kuten salmonellaa, *EHEC*iä, tai *Yersinia*a. Lantaa vastaanottava tila ei tarvitse jätelain mukaista jätelupaa (JäteL 1390/1990) eikä lantaa luovuttavan tilan tarvitse tehdä ilmoitusta Kasvintuotannon tarkastuskeskukseen (Maa- ja metsätalousministeriö 2004b).

Kotieläintilan omaa raaka- tai käsiteltyä lantaa voidaan luovuttaa tai myydä yksityisille henkilöille jos myytävän lannan myyntimäärät ovat alle 100 m<sup>3</sup> vuodessa ja tilalla ei esiinny tauteja kuten salmonellaa, *EHEC*iä, tai *Yersinia*a. Toiminnanharjoittajan on kuitenkin toimitettava elinkeinoilmoitus Kasvintuotannon tarkastuskeskukseen (KTTK) osoite- ja yhteystietojen kirjaamista varten. Ilmoitus on päivitettävä, mikäli toiminta muuttuu tai loppuu. Lisäksi toiminnanharjoittajan on vuosittain ilmoitettava KTTK:hon suoramyynninä luovutetun lannan määrä. (Maa- ja metsätalousministeriö 2004b)

Mikäli lantaa käsitellään joko tilojen yhteisessä käsittelylaitoksessa (kompostointi- tai mädätyslaitos) tai jollakin tiloista/tilojen ulkopuolella olevassa yhteislantalassa tai kompostoidaan peltoaumoissa nitraattiasetuksen mukaisesti, tarvitaan toiminnalle

kunnaneläinlääkäriin ja kunnan ympäristöviranomaisten hyväksyntä. Tällöin suoramyynti ja luovutus lannanluovutussopimusten ulkopuolisille käyttäjille ei ole sallittu. Toiminnasta tulee toimittaa elinkeinoilmoitus Kasvintuotannon tarkastuskeskukseen. (Maa- ja metsätalousministeriö 2004b)

Vain hevosen lantaa voidaan ympäristöviranomaisen luvalla luovuttaa käsittelemättömänä sopimuksesta mullanvalmistajille, jolloin mullanvalmistajien on rekisteröidyttävä lannoitelain mukaisesti toiminnanharjoittajaksi KTTK:hon. (Maa- ja metsätalousministeriö 2004b)

Lannoitelain, eläintautilain, jätelain, ympäristönsuojelulain ja niiden nojalla annettujen säädösten vaatimuksia tulee aina noudattaa, mikäli esimerkiksi oman tilan raaka- tai käsiteltyä lantaa luovutetaan tai myydään yli 100 m<sup>3</sup> muualle kuin toiselle tilalle taikka tilojen yhteisessä laitoksessa käsiteltyä lantaa myydään tai luovutetaan maanparannusaineeksi.

## **4 LANNANKÄSITTELYN ERI MAHDOLLISUKSIA**

Mikäli oman karjan lantaa käytetään tilan omilla pelloilla lannoitteena, rakentuu lannan käsittelyketju luonnollisesti vähintään varastoinnista ja levityksestä. Jos lannan fyysikaalisia, kemiallisia tai mikrobiologisia ominaisuuksia halutaan muuttaa, valitaan lisäksi jokin käsittelymenetelmä. Kappaleissa 4.1 ja 4.3 on kerrottu lannan varastointi- ja levitystavoista ja kappaleessa 4.2 mahdollisista käsittelymenetelmistä.

### **4.1 Varastointitavat**

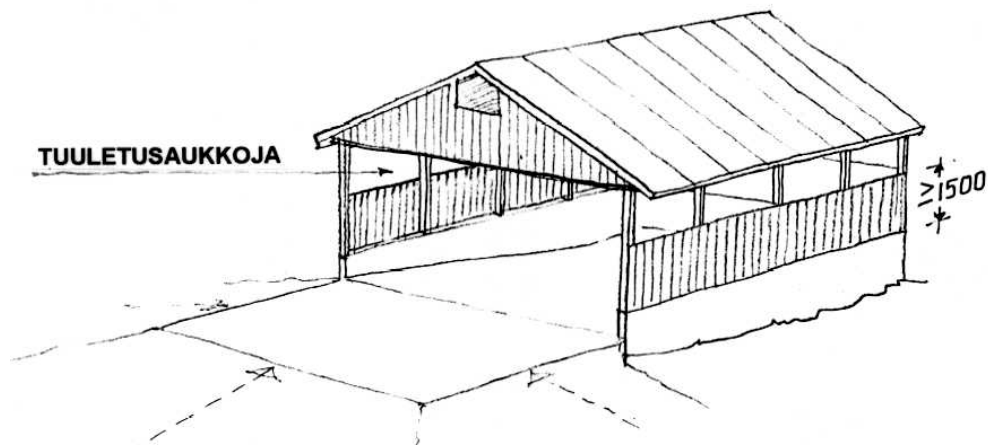
Kuten aiemmin on jo mainittu, käsitteellä lanta tarkoitetaan joko liete- tai kuivikelantaa. Lietelanta sisältää sekä eläimen sonnan että virtsan, kun taas kuivikelanta joko sonnan ja kuivikkeeseen sidotun virtsan tai ainoastaan sonnan, jolloin virtsa on erikseen virtsasäiliössä.

Suurin osa kaikesta lannasta varastoidaan kuivikelantana, mutta sen todellista määrää on vaikea arvioida useasta eri syystä. Esimerkiksi kuivikkeiden käyttömäärä vaihtelee. Runsaan kuivittamisen seurauksena lannan tilavuuspaino alenee ja tilavuus lisääntyy. Nautojen lannasta vain 36 % tuotetaan lietelantajärjestelmissä. Porsastuotannossa lietelantajärjestelmien osuus on vielä pienempi eli 26 %. Sen sijaan lihasikataloudessa lietelantajärjestelmä on vallitseva järjestelmä. Siinä 77 % lannasta käsitellään lietelantana. Kaikkien eläinryhmien lannoista 37 % muodostuu lietelantajärjestelmistä. Kun huomioidaan, että noin kolmannes nautojen lannasta joutuu suoraan peltoon laiduntavista eläimistä, lietelantana käsiteltävän lannan osuus nousee 40 %:iin. Lietteenä käsiteltävän lannan määrä on siten noin 8 miljoonaa tonnia, josta naudan lietelannan osuus on noin 5,8 miljoonaa tonnia. (Kapuinen 1999)

Eri varastointijärjestelmien yleisyydessä on erittäin suuria alueellisia eroja. Lypsykarjataloudessa lietelantajärjestelmät ovat yleisimpiä Pohjois-Savon, Lapin, Keski-Pohjanmaan ja Oulun maaseutukeskusten alueella. Lihasikataloudessa lietelantajärjestelmät ovat yleisimpiä Keski-Pohjanmaan, Oulun, Etelä-Karjalan, Farman (Varsinais-Suomen), Hämeen ja Etelä-Pohjanmaan maaseutukeskusten alueella. (Kapuinen 1999)

#### **4.1.1 Kuivikelannan varastointi**

Kuivikelanta varastoidaan joko katetuissa (kuva 9) tai kattamattomissa varastoissa eläinsuojan yhteydessä. Varastot rakennetaan useimmiten betonista paikalla valaen, mutta myös betonisia valuharkkoja käytetään. Eläinten virtsalle on oma säiliönsä, mikäli virtsa ei ole kuivikelannan seassa. Lannan siirto navetasta tapahtuu raappaamalla lanta joko koneellisesti tai traktorin avulla. (MMM-RMO C 4; Mikkola et al. 2002)



**Kuva 9.** Katettu kuivalantavarasto (MMM-RMO C4 2001)

Maa- ja metsätalousministeriön karjanlantatutkimusohjelmassa (Haataja 1998) on laskettu kuivikelannan ja virtsan varastointikustannuksia. Kustannus oli laskettu kuivikelantavarastolle ja erilliselle virtsasäiliölle. Vuotuiseksi kustannukseksi oli 16 lehmän tilalla on saatu noin 1 160 €, joka lanta- ja virtsakuutiota kohden on noin 5 €

Kuivalantaa on mahdollista varastoida myös kuivikepohjassa, josta lanta poistetaan esimerkiksi muutaman kerran vuodessa tai kerran viikossa eläinsuojan ulkopuolella olevaan varastoon. Poikkeustapauksissa ja tietyin ehdoin kuivikelanta voidaan kuljettaa pellolle varastoitavaksi patterissa. Patteroinnista on aina hyvissä ajoin tehtävä ilmoitus kunnan ympäristöviranomaiselle. Lannan patteroinnissa on noudatettava nitraattiasetuksen määräyksiä. (Ympäristöministeriö 1998; (MMM-RMO C 4 2001; Mikkola et al. 2002)

Kompostoidun lannan varastotilat ovat samantyyppiset kuin käsittelemättömänkin riippuen käsitellyn lannan kuiva-ainepitoisuudesta. Kompostoitu lanta, jonka kuiva-ainepitoisuus on vähintään 30 % voidaan siirtää kolmen kuukauden lantalavarastoinnin jälkeen patteriin (VNa 931/2000). Tässäkin tapauksessa patteroinnista on ilmoitettava kunnan ympäristönsuojeluviranomaiselle ja varastoinnissa on noudatettava nitraattiasetuksen vaatimuksia.

#### 4.1.2 Lietelannan varastointi

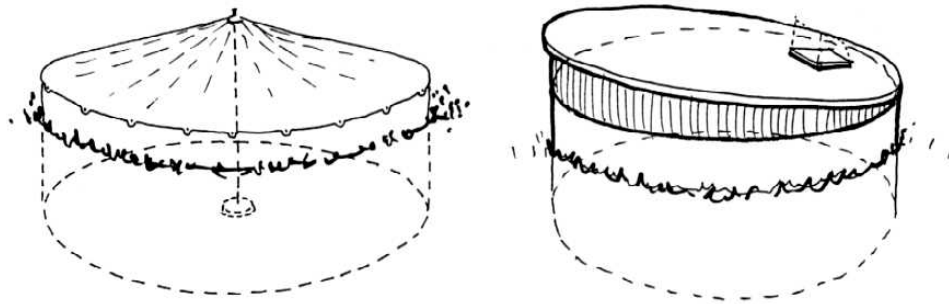
Lietelantavarastoinnissa virtsa ja sonta otetaan karjasuojassa yhdessä talteen ja johdetaan joko painovoimaisesti lietekanavia myöten valuttamalla tai mekaanisten kuljettimien avulla pumppukaivon kautta lietesäiliöön. Kuivikkeet, erityisesti pitkäkortinen olki vaikeuttavat järjestelmän toimintaa ja niiden käyttö rajoittuukin eläinten hyvinvoinnin edellyttämään minimikäyttöön parsissa. (Sipilä & Pehkonen 1998) Lietelantasäiliöön saatetaan joutua ohjaaman myös säilörehun teossa rehumassan tiivistämisestä ja varastoinnin yhteydessä erittyvä runsaasti typpipitoinen neste, mikä lisää varastointitarvetta (Mikkola et al. 2002).

Lietelannan varastointi tapahtuu erillisessä katetussa tai kattamattomassa liotelantasäiliössä (kuva 10). Lietelantasäiliö voi sijaita tilan välittömässä läheisyydessä tai hieman kauempana etäsäiliössä, jossa varastoidaan läheiselle peltoalueelle levitettävä määrä. Suomessa liotelantasäiliöt rakennetaan lähes poikkeuksetta betonielementeistä tai –harkoista. Osa säiliöistä on maanpäällisiä pumppaamalla täytettäviä, mutta suurin osa on osittain maan alla olevia valumalla täyttyviä avosäiliöitä. (Mikkola et al. 2002) Teräksisiä liotelantasäiliöitä käytetään enemmän muualla Euroopassa (Kilkkilä 2004). Harvinaisia ovat myös laguunivarastot, joiden pohjalla on kumimatto (Mikkola et al. 2002). Yli 2500 m<sup>3</sup>:n liotelantasäiliöitä ei suositella tehtäväksi, sillä niiden tyhjentäminen ja lietteen sekoittaminen hankaloituu huomattavasti (Betonikeskus ry 2004).



**Kuva 10.** Betonielementeistä koottu liotelantasäiliö. (Agrimarket 2007c)

Lietelantasäiliöiden kattaminen on yleistymässä (Kilkkilä 2004). Lietelantasäiliön kattamisella pyritään estämään sadeveden pääsy säiliöön ja vähentämään säiliöstä tapahtuvia kaasupäästöjä ja ravinteiden (typpi) haihtumista. Lietelantasäiliön kate voi olla joko kelluva tai kiinteä. Katemateriaaleina käytetään esimerkiksi betonia, muovia, kevytsoraa, olkea, turvetta tai styroksia. Lietelannan pinnalle muodostuu myös luonnostaan kuorettuma, joka toimii lantasäiliön katteena. Kattamaton lietelantasäiliö tulisi aidata. (Puumala & Grönroos 2004) Kuvassa 11 on esitetty lietelanta- ja virtsasäiliöiden katemahdollisuuksia.



**Kuva 11.** Liete- ja virtsasäiliöiden katemahdollisuuksia. (MMM-RMO C4 2001)

Lietelantasäiliössä varastoidaan myös esimerkiksi mädätetty lietelanta. Varastointia tarvitaan useimmiten vain mädätetylle lannalle, mutta eräänlainen puskurivarasto ennen käsittelyä olisi hyvä olla olemassa mikäli mädätyslaitteisto ei olisi hetkeen käytettävissä.

Lietelannan varastointikustannukseksi on maatalouden taloudellisen tutkimuslaitoksen tutkimuksessa saatu 2,18 – 1,68 €/lietelantakuutio tilakoosta riippuen (Haataja 1998).

## 4.2 Käsittelymenetelmät

Haluttaessa tehostaa lannan ravinteiden hyödynnettävyyttä, pienentää lannan tilavuutta, vähentää lannan hajua tai tuhota lannan mikrobeja voidaan lantaa käsitellä eri tavoin ennen sen hyötykäyttöä. Lantaa voidaan käsitellä aerobisesti, anaerobisesti tai muulla tavoin muuttamalla sen kemiallisia tai fysikaalisia ominaisuuksia.



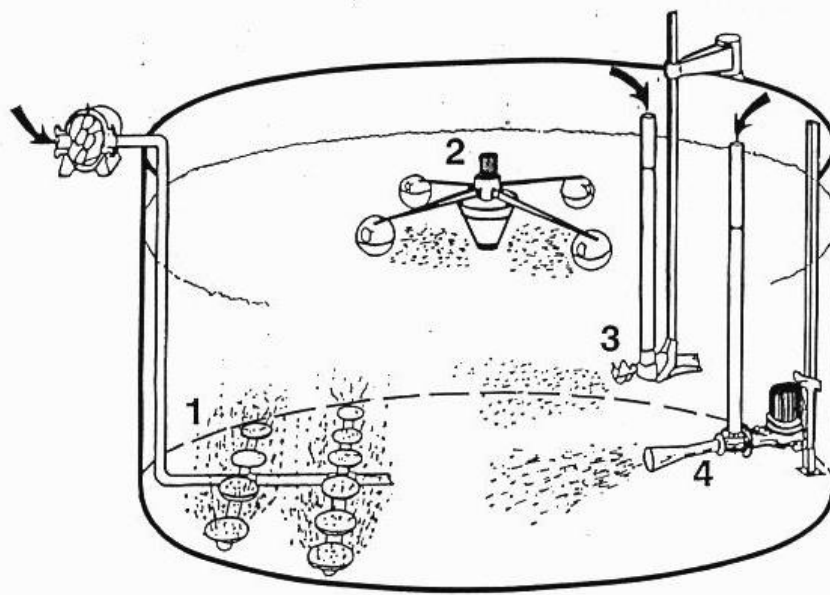
#### 4.2.1 Ilmastus

Ilmastus eli nestekompostointi soveltuu lietelannalle, jonka ominaisuuksia pyritään aerobisella käsittelyllä parantamaan kuivittamatta ja kiinteyttämättä lietettä. Ilmastuksen tavoitteena on lieventää lannan epämiellyttävää hajua ja parantaa sen käsittelyominaisuuksia mm. alentaa viskositeettia. Lisäksi ilmastuksen avulla lietelannan sisältämät haitalliset mikrobit ja rikkakasvien siemenet pyritään tuhoamaan. (Mikkola et al. 2002)

Johdettaessa lietteeseen ilmaa saadaan käyntiin hapellinen lämpöä tuottava hajotustoiminta. Happea aineenvaihdunnassaan hyväksikäyttävät bakteerit ja sienet lisääntyvät ilmastuksen aikana. Pieneliöiden toiminnan päätuotteina syntyy hiilidioksidia, vettä ja lämpöä. Lietteiden ravinteet muuttuvat vaikealiukoisemmiksi ja osa tyydestä saattaa haihtua pois. (Karhunen & Puumala 1998)

Ympäristöministeriön ohjeissa suositellaan, että ilmastus tehdään aina tiiviin kiinteän katteen peittämässä lietesäiliössä ja että poistoilma johdetaan suodattimen (esimerkiksi turve- tai muu biosuodatin) läpi ammoniakkin talteenottamiseksi. Ilmastuksen aikana ei lannan lämpötila saisi nousta kovin korkeaksi, maksimilämpötilasuositus on noin 30°C. Ilmastus on mm. tautivaaran takia suositeltavaa yhteislantaloissa. (Ympäristöministeriö 1998)

Lietelantaa voidaan ilmastaa joko jatkuvasti tai panosperiaatteella pienissä erissä, jolloin ilmastusta varten on rakennettu erillinen säiliö, tai yhtenä eränä varsinaisessa lietelantasäiliössä muutama viikko ennen lietteen levitystä. Eräilmastuksessa hyödynnetään lietteen sisältämä lämpö, jolloin lietteen lämpötila saadaan nousemaan nopeammin halutuksi ja siten liete hygienisoiduksi. Ilmastuslaitteena voidaan käyttää esimerkiksi potkuri-, roottori- tai ejektori-ilmastinta. Paineilmastimia käytetään esimerkiksi yhdyskuntajätevesien puhdistukseen. (Joki-Tokola 1998; Karhunen & Puumala 1998; Mikkola et al. 2002) Kuvassa 12 on esitetty erilaisia lietelannan ilmastimia.



**Kuva 12.** Lielannan ilmastimia. 1 = paineilmastin, 2 = roottorityyppinen alipaineilmastin, 3 = potkurisekoittimeen liitetty alipaineilmastin, 4 = lantapumppuun liitetty alipaineilmastin. (Karhunen 1998)

Lielannan ilmastus voidaan toteuttaa myös tuotantorakennuksen sisällä, jolloin ilmastus tarvitsee alaimun. Alaimussa ilma poistuu lietekuilun päältä lietekuilujen seinämissä olevien aukkojen kautta kuilujen vierellä kulkeviin ilmanpoistokanaviin. Ilmastukseen voidaan käyttää tavallista maatala-kompressoria, josta lähtee tavallinen paineletku. Paineletkun jatkeeksi laitetaan ilmastusta varten tarkoitettua letkua, joka sijoitetaan lietekuiluihin. Ilmastusletkussa on juuri ja juuri silmin erotettavia pieniä viilloja, joiden tehtävänä on pitää ilmakuplat pieninä. Pienet viillot eivät myöskään tukkeudu, koska viillot sulkeutuvat kun letkussa ei ole painetta. (Penttilä 1996)

Karjanlantatutkimusohjelmassa on määritetty lielannan ilmastuksen vuotuiskestannukseksi 1,05 – 1,79 €/lielantakuutio tilakoosta riippuen. Vuotuiskestannus sisältää käyttökustannukset, kuten ilmastimen sähkönkulutuksesta ja typpihävikin korvauksesta aiheutuvat kustannukset. (Haataja 1998)

#### 4.2.2 Separointi

Lannan mekaanisella erottelumenetelmällä eli separoinnilla pyritään helpottamaan lannan käsittelyä ja käsiteltävyyttä. Separoinnissa lietelannasta erotellaan kiinteä ja nestemäinen osa toisistaan. Erottamisen jälkeen jakeet varastoidaan erillisissä varastoissa tai levitetään peltoon, mikäli levitysajankohta sen sallii. Nestemäinen jae voidaan myös syöttää takaisin raakalietteen sekaan ja kuiva jae kompostoida. Suomessa separointi ei ainakaan vielä ole kovin yleinen käsittelymenetelmä, separointilaitteita on käytössä kymmenisen kappaletta. (Mikkola et al. 2002)

Separoinnissa syntyneessä nestemäisessä jakeessa on valtaosa separoidun lannan typestä. Fosfori puolestaan on pääosin syntyneessä kiinteässä jakeessa. Lannan fosfori on yleensä lannan levittämistä rajoittava tekijä ja lisää tarvetta kuljettaa lantaa pitkienkin etäisyyksien päähän. Separoinnin tarkoituksena on siten vähentää lannan kuljetuskustannuksia, koska typpirikas mutta fosforiköyhä nestejake voidaan levittää typpilannoituksen puitteissa. (Kapuinen 1994)

Separoinnin teho riippuu sekä laitteesta että separoitavasta lietteestä. Suomessa kokeilussa olleen separaattorin tehoksi on saatu sianlannalle 3 – 7,5 m<sup>3</sup> tunnissa ja naudanolannalle 1 – 5 m<sup>3</sup> tunnissa. Separaattori erottaa kuiva-aineen naudanolannasta paremmin kuin sian lietelannasta, koska naudanolanta on rakeisempaa. (Mikkola et al. 2002)

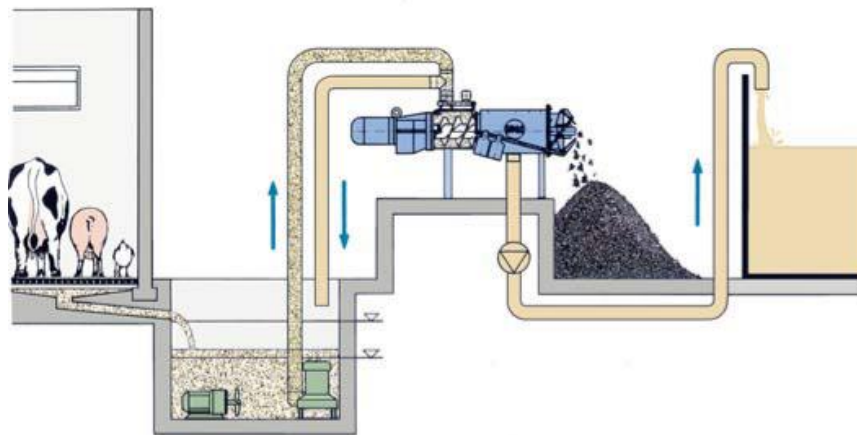
Lietelanta on sekoitettava hyvin ennen separointia, ettei säiliön pohjalta pumpattava sakea liete tuki putkia ja letkuja. Lietteen tilavuus vähenee separoinnissa 15 – 30 %. Erotetun kuivajakeen kuiva-ainepitoisuus on 25 – 35 % ja nestejakeen 3 – 7,5 %. Erottimen tehontarve on 3 – 4 kW. Saksalaisten tutkijoiden mukaan nautakarjan käsittelyssä energiantarve vaihtelee välillä 0,1 – 2,2 kWh/lietelantakuutio ja sianlannan käsittelyssä 0,06 – 0,40 kWh/lietelantakuutio. (Kallioniemi 2002)

Separaattori tulisi asentaa siten, että se ottaa lietteen kokoojakourusta tai välikaivosta ennen lietelantasäiliötä. Asennuspaikan lämpötilan pitäisi olla nollan yläpuolella. Separaattori voi olla joko kiinteästi asennettu tai liikuteltava malli. Kiinteä separaattori

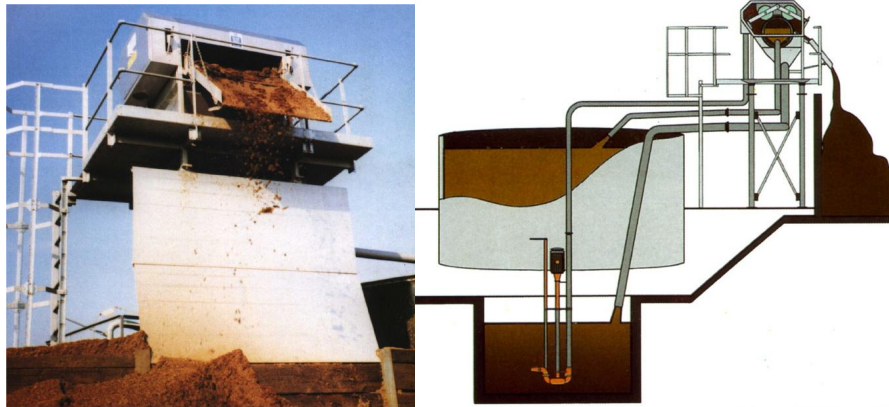
asennetaan esimerkiksi kokoojakouruun tai välikaivon yhteyteen. Liikuteltavan separaattorin käyttö edellyttää varastotiloja raakalietteelle, erotetulle kuiva-aineelle ja nesteelle. (Mikkola et al. 2002) Kuvassa 13 ja 14 on esitetty kiinteästi asennettava separaattori ja kuvassa 15 siirrettävä separaattori.



**Kuva 13.** Kiinteästi asennettava lantaseparaattori. (FAN Separator GmbH 2007)



**Kuva 14.** Kiinteän separaattorin sijoittaminen (Svenska Neuero AB 2007)



**Kuva 15.** Siirrettävä separaattori. (Linton Solutions 2007)

Karjalantatutkimuksessa on saatu (Haataja 1998) lietelannan separoinnin yksikkökustannuksiksi 1,62 – 3,67 €/m<sup>3</sup>. Laskelmassa on huomioitu kiinteän lannan varastotilan kustannukset ja levitykseen tarvittavan kaluston kustannukset. Mikäli kaluston ja varastotilojen kustannuksia ei huomioida on separoinnin kustannus välillä 0,40 – 1,50 €/lietelantakuutio. Saksassa on separoinnin kustannuksiksi saatu 1,02 – 2,05 €/lietelantakuutio vaihdellen varusteiden ja kapasiteetin mukaan. (Kallioniemi 2002)

#### 4.2.3 Kompostointi

Kompostoinnilla tarkoitetaan mikrobiologista prosessia, jossa jätteen orgaaninen aines hajoaa erilaisten mikrobien avulla aerobisissa eli hapellisissa olosuhteissa. Kompostoinnin lopputuotteena saadaan humusta, hiilidioksidia, vettä ja lämpöä. Lisäksi muodostuu uutta mikrobimassaa. Mikrobitoiminnan vaikutuksesta lämpötila kompostissa kohoaa usein huomattavasti ulkoilman lämpötilaa korkeammaksi jopa yli 70 °C:een. Kohonnut lämpötila nopeuttaa kemiallisia ja biologisia reaktioita massassa ja siten orgaanisen aineksen hajoaminen kompostissa on nopeampaa kuin Suomen luonnonoloissa tapahtuva hidas maatumisen. Kompostointiprosessin lämpöhuipun aikana voi haihtua huomattavia määriä typpeä ammoniakkina. Kompostoinnissa myös lannan pH nousee, mikä myös lisää ammoniakkin haihtumista. (Paatero et al. 1984; Albers et al. 2003; Halinen & Tontti 2004 ref. Biddlestone & Gray 1985)

Kompostoitumisen onnistumiseksi mikrobeilla on oltava sopivasti ravinteita, kosteutta ja lämpöä. Hajotustoiminnan kannalta tärkeimmät ravintoaineet ovat hiili ja typpi. Muita keskeisiä ravintoaineita ovat fosfori ja hivenaineet. Hiili toimii varsinaisena polttoaineena ja typpi mikrobien proteiinien rakennusaineena. Optimaalisena hiilen ja typen suhteena pidetään 30:1 – 20:1. Toisaalta typen säilymisen ja typpihäviöiden minimoimiseksi C/N – suhde tulisi olla kompostoinnin alussa yli 30 (Prokkola et al. 2003). Käytännössä C/N – suhteen optimoiminen tarkoittaa, että kompostoitaessa hyvin typpipitoisia aineksia kuten esimerkiksi lietelantaa, tulee massaan lisätä hiilipitoista tukiainetta. Kompostoitaessa hiilipitoista biojätettä joudutaan lisäämään typpeä kompostoitumisen tehostamiseksi. (Hänninen et al. 1992).

Vesipitoisuus on varsin tärkeä tekijä kompostoinnissa, sillä hajottajamikrobit pystyvät lisääntymään ja toimimaan ainoastaan vesiliuoksessa. Varsinaista ylärajaa ei vesipitoisuudella ole, mutta alarajana pidetään noin 30 %. Optimaalinen kosteuspitoisuus on noin 50 – 75 %. Kompostoitavien aineiden lämpötilalla ei ole merkitystä niiden kompostoitavuuteen, mutta hajoamisprosessi saadaan lähtemään huomattavasti nopeammin liikkeelle jos lähtöainesten lämpötila on yli 20°C. (Paatero et al. 1984)

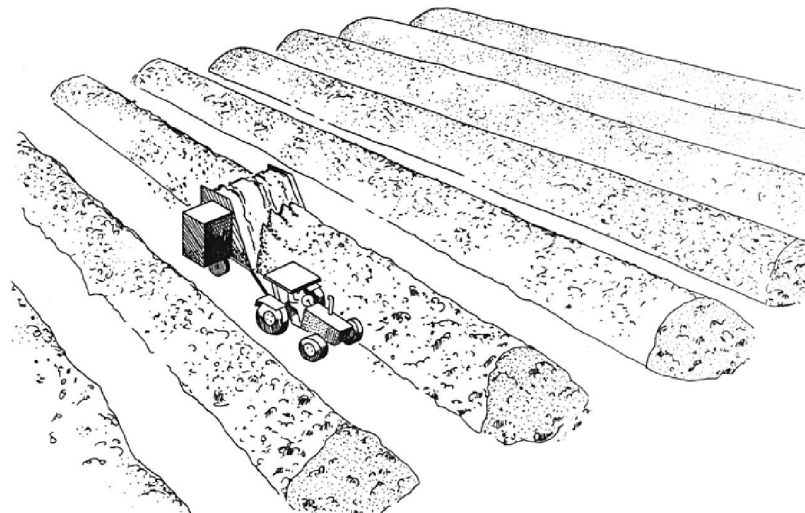
Kompostoitavaan massaan lisätään tukiainetta jos hiili-typpi –suhde, kosteuspitoisuus tai massan huokoisuus ei ole kompostoitumisprosessin kannalta sopiva. Tukiaineena voidaan käyttää turvetta, kutterin lastua, olkea, kuoriketta tai haketta. Esimerkiksi lietelannan rumpukompostoinnissa tukiaineena on käytetty turvetta, siten että tukiaineen ja lietelannan tilavuussuhde on 1,5:1 – 3:1 (Hyvärinen 2004). Kun kompostoitavan aineksen C/N – suhdetta kasvatetaan tukiainetta lisäämällä, pienennetään typen (ammoniakki) hävikkiä. Turve sitoo tehokkaasti ammoniakkia ja säilyttää tukiaineista parhaiten lannan ravinnearvon. Olki pidättää typpeä huonommin kuin turve. Oljen hajotessa typpeä sitoutuu runsaasti eloperäiseen muotoon. Kompostoinnissa olki on kuitenkin hyvä tukiaine ja hiilen lähde. (Prokkola et al. 2003)

Lanta kompostoituu esimerkiksi kompostipohjassa. Tässä menetelmässä lanta kerätään kuivikepohjaan (sahanpuru-hake tai turve-hake), johon voidaan lisätä entsyymipreparaattia. Lannan annetaan kompostoitua kuivikepohjassa noin vuoden ajan.

Kuivikepohja on käännettävä säännöllisesti, jotta komposti toimisi ja lämpötila pysyisi 30 – 45 °C:ssa. Kääntöön voidaan käyttää traktorin perään kiinnitettävää kultivaattoria. (Kuitunen & Martikainen 1993)

Varsinaisia kompostointimenetelmiä ovat avo- ja reaktorikompostointi, jotka sopivat sekä kuivike- että lietelannalle.

Avokompostointi voidaan jakaa ilmastustavan perusteella kääntämällä (kuva 16) tai sekoittamalla ilmastettuun avokompostointiin ja koneellisesti ilmastettuun avokompostointiin (kuva 17). Koneellinen ilmastus voidaan toteuttaa joko puhaltamalla tai imemällä ilmaa kompostin läpi. Ilmastamattomassa kompostissa ilmastus tapahtuu luonnollisella virtauksella auman sivuilta. Tällöin auman pohjalle voi kuitenkin muodostua anaerobinen kerros, johon luonnollinen ilmastus ei ulotu. Avokompostointi voidaan tehdä kasassa tai aumassa, jonka pohjalla on soraa, hiekkaa, murskettua, asfalttia tai betonia. Kompostin kääntöön voidaan käyttää kauhakuormaajaa tai erikoistykoneita. (Paatero et al. 1984; Lilja 1994)



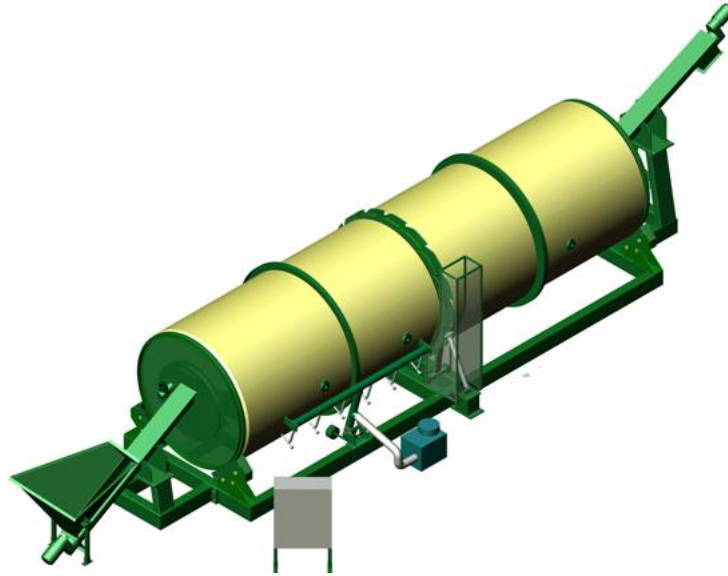
**Kuva 16.** Aumakompostin ilmastusta kääntämällä. (Rynk et al. 1992)



**Kuva 17.** Kompostiauman koneellinen ilmastus (Rynk et al. 2000)

Reaktorikompostorit voivat olla joko jatkuva- tai panostoimisia. Jatkuvatoimisissa reaktoreissa voi olla joko vaakasuora massavirtaus rummuissa (kuva 18), tunneleissa tai kaukaloissa tai pystysuora massavirtaus siiloissa ja torneissa (kuva 19). Reaktorikompostorit voidaan edelleen jakaa staattisiin ja dynaamisiin reaktoreihin. Staattisissa reaktoreissa kompostoitava massa ilmastetaan ilman sekoitusta, kun taas dynaamisissa reaktoreissa massaa sekä sekoitetaan että ilmastetaan. Jako ei kuitenkaan ole yksiselitteinen sillä esimerkiksi tunnelireaktoreita on olemassa molempia tyyppisiä. Lisäksi materiaalin syöttö ja sekoitus voidaan toteuttaa useilla tavoilla. (Hänninen et al. 1992)





**Kuva 18.** Esimerkki rumpukompostorista (Rumen 2003)



**Kuva 19.** Esimerkki tornikompostorista (Tirohia Compost Solutions Ltd 2007)

Kaikkien kompostointireaktoreiden toiminnalle on ominaista, että niissä 3 – 10 vuorokauden kompostointiajassa saavutetaan vain esikompostointi. Esikompostointi vaatii aina jälkikompostointivaiheen, mikäli tuotteen käyttötarkoitus ei salli jälkikompostoitumista käyttökohteessa. Tyypilliset viiveajat rumpureaktoreissa ovat 3 – 6 vuorokautta, siiloreaktoreissa 12 – 15 vuorokautta ja tornireaktoreissa 5 – 10 vuorokautta.

Ajat saattavat kuitenkin vaihdella runsaastikin sovellutuksesta ja kompostoitavasta aineksesta riippuen. (Paatero et al. 1984)

Lannan kompostoinnin kustannukset vaihtelevat huomattavasti riippuen esimerkiksi kompostointitavasta ja lantamäärästä. Klemola ja Malkki (1995) ovat laskeneet lannan auma- ja rumpukompostoinnin kustannuksia 10 – 40 lehmän tiloilla. Aumakompostoinnin kustannuksiksi saatiin 27 – 34 €/lantatonni ja rumpukompostoinnin vastaavasti 34 – 46 €/lantatonni. Kustannuksissa oli huomioitu myös lannan levityksen aiheuttamat kustannukset, joten pelkän auma- tai rumpukompostoinnin kustannus on pienempi.

#### 4.2.4 Mädätys

Mädätyksellä tarkoitetaan anaerobisissa eli hapettomissa olosuhteissa tapahtuvaa orgaanisen aineksen hajoamista. Anaerobinen hajoaminen on biologinen prosessi, jossa useat bakteeriryhmät toimivat yhteistyössä. Anaerobisen hajoamisen päävaiheet ovat hydrolyysi, happokäyminen, asetogeneesi ja metanogeneesi. (Rintala et al. 2002)

Hydrolyysissä kompleksit polymeerit, kuten hiilihydraatit, proteiinit ja rasvat, hajoavat haponmuodostajabakteerien tuottamien entsyymien avulla liukoiksi yhdisteiksi. Näitä ovat yksinkertaiset sokerit, ammoniakki, ja pitkäketjuiset rasvahapot. Happokäymisessä hydrolyysituotteet hajotetaan edelleen haihtuviksi rasvahapoiksi, joita ovat asetaatti, propionaatti, isobutyraatti, isovaleriaatti, valeriaatti ja kaproniaatti. Asetogeenisissä vetyä tuottavat bakteerit hajottavat rasvahapot asetaatiksi, hiilidioksidiksi ja vedyksi. Lopulta metaaninmuodostajabakteerit tuottavat asetogeenisin tuotteista metaania (metanogeneesi). Jos anaerobisessa hajoamisessa on läsnä sulfaattia, muodostuu lisäksi vetysulfidia. Lopputuotteena muodostuu myös biometanoitua lietettä eli hydrolyysijäännöstä. (Rintala et al. 2002)

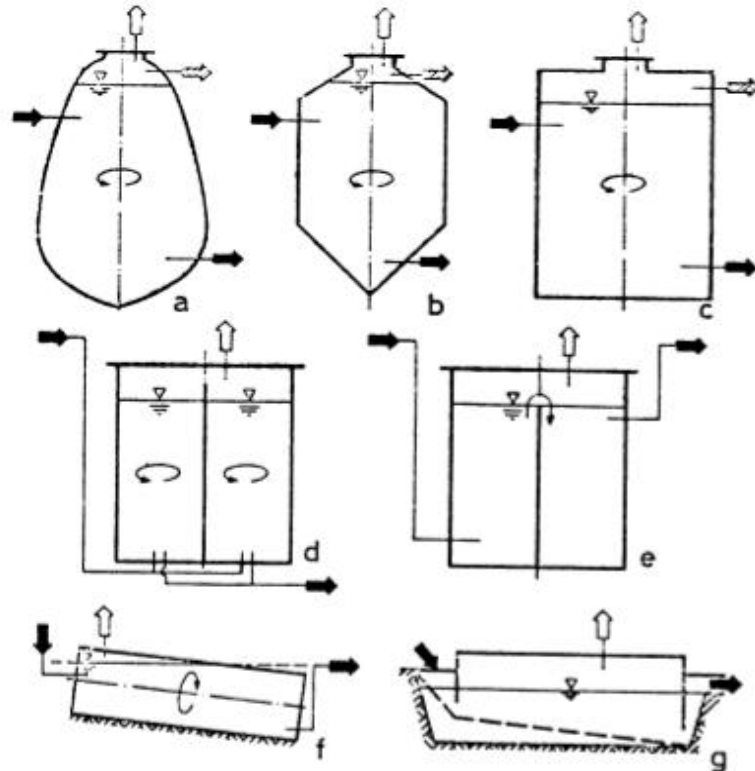
Mädätys toteutetaan biokaasureaktorissa mesofiilissä (30 – 35°C) tai termofiilissä (noin 55°C) lämpötiloissa. Termofiiliprosessin etuja mesofiiliseen verrattuna ovat bakteerien suurempi hajotusnopeus, lietteen vedenpoisto-ominaisuuksien paraneminen ja patogeenisten bakteerien tehokkaampi tuhoutuminen mädätyksen aikana. Negatiivista on

termofiiliprosessin korkeammat lämmityskustannukset ja herkkyys lämpötilan vaihteluille. (Rintala et al. 2002)

Lämpötilan vaihteluiden lisäksi mädätysprosessi on hyvin herkkä myös pH:n vaihtelulle. Optimaalisena pH:na pidetään 6,5 – 7,5. Mädätysprosessin optimaalisen toiminnan kannalta muita tärkeitä tekijöitä ovat viipymäaika, konsentraatio, mädätettävän orgaanisen aineksen koostumus ja kuormitus. (Rintala et al. 2002)

Mädätysjärjestelmän mitoitus voidaan tehdä joko mädätettävän aineksen viipymäajan (HRT = hydraulic retention time) tai orgaanisen kuormituksen (OLR = organic loading rate) mukaan. Viipymällä tarkoitetaan keskimääräistä aikaa, jonka käsiteltävä aines viipyy reaktorissa. Hydraulisen retentioajan mukainen mitoitus tehdään kertomalla päiväkohtainen lietelantamäärä ( $\text{m}^3/\text{vrk}$ ) mädätyksen kestoajalla (vrk), joka riippuu prosessin lämpötilasta. Orgaanisen kuorman perusteella mitoitus tehdään jakamalla päivittäinen orgaaninen kuorma ( $\text{kg}_{\text{VS}}/\text{vrk}$ ) kuormitusrajalla ( $\text{kg}_{\text{VS}}/\text{m}^3\text{vrk}$ ). Kuormitusraja on eri lähteiden mukaan 3 – 11  $\text{kg}_{\text{VS}}/\text{m}^3$  riippuen esimerkiksi prosessin lämpötilasta. (Kapuinen 2002a)

Anaerobisia reaktoreita on kahta perustyyppiä: panosreaktoreita ja jatkuvatoimisia reaktoreita. Fed-batch reaktori sijoittuu näiden kahden välimaastoon. Panosreaktorilla mädätettäessä kaikki mädätettävä massa syötetään reaktoriin kerralla kun taas jatkuvatoimisessa reaktorissa orgaaninen aines syötetään reaktoriin jatkuvasti tai säännöllisesti. Mädätysprosesseja on myös erilaisia: märkä-, kuiva- ja monivaiheprosesseja. (Lamminen 2001) Kuvassa 20 on esitetty erilaisia reaktorityyppejä.



**Kuva 20.** Anaerobiseen käsittelyyn käytettäviä reaktorityyppejä (Stegmann & Bade 2005)

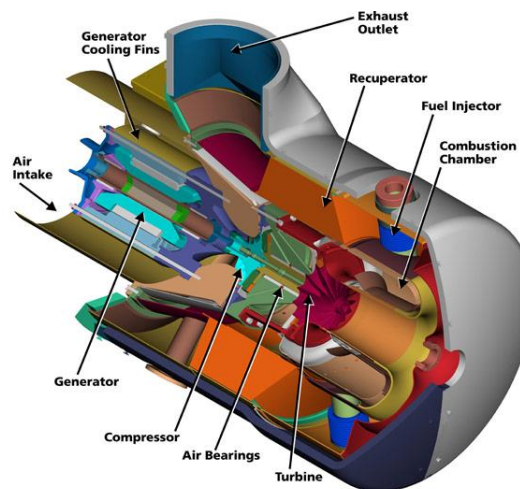
Mädätyksen lopputuotteena muodostuva kaasu sisältää metaania 50 – 80 % riippuen mädätettävästä materiaalista (Coombs 1990). Esimerkiksi naudan lannan mädätyksessä muodostuvan kaasun metaanipitoisuus on 55 – 75 % (Rintala et al. 2002). Muodostunut kaasu voidaan käyttää esimerkiksi tilalla autojen polttoaineena tai sähkön ja/tai lämmön tuotannossa. Kaasua voidaan varastoida tilalla esimerkiksi kaasukuvuissa (kuva 21) fermenttorin yläosassa. Energiantuotantoon voidaan käyttää mikro-CHP – lämpövoimakonetta, joka voi olla otto-, diesel- tai wankelmoottori (kuva 22). Se voi olla myös ulkoisesti lämmitettävä mäntämoottori, kuten stirling- tai höyrykone. Myös mikroturbiini (kuva 23) eli pieni kaasuturbiini, pieni höyryturbiini, pieni ORC-turbiini tai polttokenno sopivat biokaasun hyödyntämiseen. (Rintala et al. 2002; Hintikka 2004) Lannan mädätyksessä saatavalla biokaasulla voidaan osaksi korvata uusiutumattomia energianlähteitä. Uusi-Penttilän (2004) tekemän selvityksen mukaan esimerkiksi Jyväskylän ympäröivissä kunnissa eläinten lannan ja energiakasvien biokaasupotentiaali on jopa 80 GWh, joka riittäisi korvaamaan Jyväskylän ja ympäröivien kuntien liikenteen fossiilisista polttoaineista noin 8 %.



**Kuva 21.** Biokaasulaitoksen lieteallas ja kaasukupu. (Vaasan yliopisto 2007)



**Kuva 22.** Kaasumoottori (Marttinen 2007)



**Kuva 23.** Mikroturbiini (Greenenvironment 2007)

Lannan mädätyksen kannattavuudesta on Kapuisen (2002b) tekemässä selvityksessä esitetty muutamia arvioita. Laitevalmistajat pitävät vähintään noin 6000 m<sup>3</sup>:n (vastaa noin 250 lypsylehmän tuottamaa lietelantaa) lietemäärää biokaasulaitoksen taloudellisen kannattavuuden alarajana, mutta joidenkin selvitysten mukaan jo 40 eläinyksikön tuottama lietemäärä olisi riittävä (Hänninen & Leinonen 1996; Kapuinen 2002a ref. Jalonen 2001). On kuitenkin huomioitava, että lannan mädätyksen kannattavuus riippuu useasta eri tekijästä. Jo lannan biokaasun tuottopotentiali voi olla ratkaiseva tekijä. Biokaasun tuottopotentiali puolestaan riippuu lannan eri ominaisuuksia kuten orgaanisesta kiintoainepitoisuudesta (VS) sekä monesta muusta mädätysprosessin osatekijästä. Eri lähteiden mukaan esimerkiksi naudon lietelannan biokaasun tuotto on 0,2 – 0,3 m<sup>3</sup>/kg<sub>VS</sub> (Lamminen 2001; Rintala et al. 2002), 0,2 – 0,6 m<sup>3</sup>/kg<sub>TS</sub> (Uusi-Penttilä 2004) tai 20 – 60 m<sup>3</sup>/lanta-m<sup>3</sup> (Asmala et al. 2001).

Lannan mädätyksen kannattavuus olla riippuvainen myös esimerkiksi mädätysjärjestelmille myönnettävistä investointituista tai mädätyksestä saatavan biokaasun arvosta. Kauppa- ja teollisuusministeriön asettama Uusiutuvan energian edistämishjelman (UEO) mukaan uusiutuvien energialähteiden, johon myös biokaasu kuuluu, käyttöä tulee lisätä vuoteen 2010 mennessä noin 30 prosentilla vuoteen 2001 verrattuna. Visiona on, että vuoteen 2025 mennessä uusiutuvia energiamuotoja käytettäisiin noin 60 prosenttia enemmän kuin tämän vuosikymmenen alussa. Ohjelman yhtenä toimenpiteenä ovat taloudelliset ohjauskeinot, kuten energiaverotus ja investointituet. (Kauppa- ja teollisuusministeriö 2003) Maatilakohtaisia biokaasulaitosten investointikustannuksia ei toistaiseksi ole pystytty pienentämään julkisin energia-avustuksin eli kauppa- ja teollisuusministeriön energia- ja investointituki on kohdistunut vain yrityspohjaisiin suuriin biokaasulaitoshankkeisiin. On kuitenkin mahdollista, että maatilakohtaisten biokaasulaitosten investointitukia lisätään (Kauppa- ja teollisuusministeriö 2007a; Maa- ja metsätalousministeriö 2007; Valtioneuvosto 2007). Biokaasun arvo on vakiintumassa, sillä biokaasulla tuotetulle sähkölle ollaan toteuttamassa ns. syöttötariffia. Syöttötariffilla taataan biokaasun tuottajalle tietty takuuhinta, jonka se vähintään sähköstä saa syöttäessään sen sähköverkkoon. (Kauppa- ja teollisuusministeriö 2007b; Valtioneuvosto 2007; Valtiovarainministeriö 2007) Mikäli investointitukia lisätään ja biokaasun

syöttötariffijärjestelmä toteutuessaan onnistuu, voi maatilakohtaisesta biokaasutuksesta tulla hyvinkin kannattavaa toimintaa.

#### **4.2.5 Muita käsittelymenetelmiä**

Mikäli tilan lietelantasäiliöt eivät riitä kaiken lietelannan varastointiin ja uuteen lietelantavarastoon ei haluta investoida, voidaan lietelanta imeyttää turpeeseen ja tehdä lietelannasta näin kuivikelantaa. Turpeen asemasta voidaan käyttää myös esimerkiksi olkea tai sahanpurua, mutta turpeella on paras ammoniakkin ja veden absorptiokyky. Lisäksi turpeen sanotaan ehkäisevän haitallisten mikrobien kasvua. Lietelannan ja turpeen sekoitus voidaan tehdä erillisessä sekoituskoneessa, johon turve tai muu kuivikemateriaali lisätään kauhakuormaajan avulla. Kuivikemateriaalin kanssa sekoitettu lietelanta varastoidaan kuivalannalle tarkoitettussa varastossa tai pellolla patterissa. (Kuitunen & Martikainen 1993) Mikäli turvelannan halutaan kompostoituvan, sitä on varastoitava aumoissa muutaman kuukauden ajan. Turvelanta kompostoituu, mikäli kuiva-ainepitoisuus nostetaan noin 30:een prosenttiin tai yli ja aumoista tehdään sopivan kokoisia. (Klemola & Malkki 1995)

Tanskassa lietelantaa hapotetaan rikkihapolla, joka estää ammoniakkia haihtumasta ja tehostaa kasvien typenottoa. Monissa tapauksissa pelkkä hapotuskäsittely olisi riittävä. Suurten lantamäärien käsittelyssä hapotuslaitteeseen liitetään separaattori, joka erottaa lietteen käyttökelpoiseksi pesu- ja kasteluvedeksi sekä ravinteiksi.

### **4.3 Levitysmenetelmät**

Lannan levitysmenetelmän valinta riippuu luonnollisesti siitä onko kyseessä lietelanta vai kuivikelanta. Levityksen ajankohta määräytyy ensisijaisesti nitraattiasetuksen mukaan. Levitysmenetelmän ja levityksen ajankohdan valintaan vaikuttavat myös esimerkiksi lannan ja viljelykasvin tyyppi, levitettävä lantamäärä ja tilan olosuhteet. Lannan ravinteiden hyväksikäytön kannalta kevät ja kasvukauden alku ovat parhaimpia vaihtoehtoja. Kevätlevityksessä pintalevitystä pidetään parhaimpana vaihtoehtona, koska

lietteen sijoittamiseen liittyvä pieni työleveys lisää pohjamaan tiivistymistä. Lannan levityksessä on huomioitava myös lannan ravinnesisältö, jotta päästään haluttuihin ja sallittuihin ravinnemääriin.

Gronauer ja Schattner (Kallioniemi 2002 ref. Gronauer ja Schattner 2001) ovat saaneet lietelannan levityksen kustannuksiksi 1,28 – 9 €/m<sup>3</sup>. Työtehoseuran (Palva et al. 2004b) laskelmissa on esimerkiksi lietelannan letkulevityksen yksikkökustannuksiksi saatu 1,66 – 7,46 €/lanta-m<sup>3</sup> lantamäärästä ja levityskaluston kapasiteetista riippuen. Klemola ja Malkki (1995) ovat saaneet kokonaisen lietelantaketjun (varastointi, kuormaus, kuljetus ja levitys) kustannuksiksi 10 – 40 naudan tilalla noin 15 – 10 €/t.

Lannan levitystä tarkastellaan tässä yhtenä kokonaisuutena, jossa kuormaus, kuljetus ja itse levitys muodostavat logistisen ketjun.

#### **4.3.1 Kuormaus**

Lannan levityksen logistinen ketju alkaa lannan kuormauksella lantalasta. Kuormauksessa on huomioitava, että kuormauspaikka on riittävän tilava ja pohjamateriaali kantaa märkänäkin vuodenaikana.

Kuivikelannan kuormaus tehdään yleensä traktorin etukuormaimella (kuva 24), vaikka se onkin melko hidas menetelmä kuormainkaihojen pienen koon takia. Kuivikelannan kuormausta voidaan tehostaa käyttämällä pyöräkuormajaa tai pyöriväalustaista kaivuria. (Palva et al. 2004a)





**Kuva 24.** Traktori etukuormaimella varustettuna. (Agrimarket 2007a)

Lietelannan kuormausta edeltää lietelannan sekoitus lietelantasäiliössä, mihin tarkoitukseen on saatavilla sähkö- ja traktorikäyttöisiä sekoittimia (Koneviesti 2004). Lietelannan sekoituksella saadaan litesäiliön pohjalle laskeutunut massa liikkeelle ja levitettävä lietemassa tasalaatuiseksi. Levitysjakson ensimmäisenä päivän lantaa sekoitetaan muutamia tunteja ja muina levityspäivinä esimerkiksi noin tunnin verran (Virtanen 2004). Sähkökäyttöinen litesekoitin on esitetty kuvassa 25.



**Kuva 25.** Sähkökäyttöinen litesekoitin. (Livakka Oy 2007)

Lietelannan kuormauksessa käytetään joko sähkö- tai traktorikäyttöisiä (kuva 26) pumppuja. Markkinoilla on saatavana myös yhdistettyjä pumppu-sekoittimia. Nykyisin käytössä on myös hydraulipumppuja, jotka saavat voimansa traktorin omasta hydraulikasta. Imupainevaunuissa liete imetään vaunun omalla alipainepumpulla säiliöön. Käytettäessä erillistä pumppausmenetelmää liete kuormataan vaunuun joko sivu- tai päältätäyttönä. Sivutäytössä täyttöputki kiinnitetään lietevaunun sivuun käsin ja myös irrotus on käsityötä. Päältätäytössä vaunu ajetaan täyttöputken alle, jonka jälkeen kuormaus voidaan aloittaa. Päältätäytössä pumpun käynnistys voidaan tehdä myös kaukosäätöisesti, jolloin kuljettajan ei tarvitse liikkua pois traktorin ohjaamosta. Päältätäytössä voi haittana olla lietteen ja erityisesti virtsan kuohuminen, jolloin vaunu jää helposti vajaaksi. (Palva et al. 2004a)



**Kuva 26.** Sivuasenteinen traktorikäyttöinen pumppukuormain. (Livakka Oy 2007)

Lannan kuljetus tapahtuu useimmiten samalla perävaunulla, jolla se levitetään peltoon. Menetelmä sopii silloin kun kuljetusmatka on lyhyehkö eli muutamia kilometrejä. Kun kuljetusmatka kasvaa, lannan kuljetus kannattaa tehdä eri kalustolla kuin levitys. Tällöin

esimerkiksi lietelanta ajetaan pellolle kuljetukseen sopivalla perävaunulla ja kuormataan levitysvaunuun siellä. (Palva et al. 2004a)

Jos lanta varastoidaan pellon läheisyydessä esimerkiksi patterissa tai lietelantasäiliössä, voidaan lanta kuljettaa sinne etukäteen sopivaan aikaan. Tällöin levitysaika voidaan käyttää tehokkaasti itse levitykseen.

Lanta voidaan siirtää ja levittää myös syöttöletkumenetelmällä (kuva 27), jolloin lietelanta siirretään pellolle putkia ja letkuja pitkin pumppaamalla eikä vaunuilla kuljetusta tarvita. Liete siirretään kiinteätä putkea ja letkua pitkin pellon reunaan, josta se siirretään edelleen kelalta purettua letkua pitkin levitysyksikköön. Levitystraktori vetää pellolla perässään paineistettua letkua, josta liete siirtyy levittimeen. Traktorin perässä oleva syöttöletku on yleensä 200 – 300 metriä pitkä. Kun liete on levitetty lohkolle, kelataan syöttöletkut takaisin kelalle. Letkukuljetus toimii enimmillään 1 – 2 kilometrin etäisyydellä. (Palva et al. 2004a)



**Kuva 27.** Syöttöletkumenetelmän periaatekuva. (Agromiljø As 2007)

### 4.3.2 Levitys

Kuivikelanta voidaan levittää ainoastaan hajalevityksenä pellon pinnalle. Kiinteän lannan levitykseen tarkoitettujen perävaunujen ominaisuudet vaihtelevat lähinnä kantavuuden, telirakenteen ja levitystyyppin osalta. Lantaa voidaan levittää vaunun sivulle tai taakse. Levityslaitteina ovat lautaset, vaaka- ja pystytasossa olevat murskauskelat, roottorit tai näiden yhdistelmät (Oristo 2004; Palva et al. 2004b). Kiinteän lannan levityksessä ei päästä nyky menetelmillä täsmälevitykseen, koska levityskuvio on epäsymmetrinen ja se vaihtelee muun muassa pellon kaltevuuden mukaan. Kiinteän lannan levitystasaisuus kärsii myös siitä, ettei lanta ole tasalaatuista verrattuna esimerkiksi hyvin sekoitettuun lietelantaan. (Palva et al. 2004a) Kuvassa 28 on esitetty pystypurkaimella varustettu kuivalantavaunu ja kuvassa 29 kaksivaiheisella levitinkoneistolla varustettu lannanlevitysvaunu.



**Kuva 28.** Pystypurkaimella varustettu kuivalantavaunu (Laakson metalli Oy 2007b)



**Kuva 29.** Kaksivaiheisella levitinkoneistolla varustettu lannanlevitysvaunu. (Konefarmi Oy 2007)

Lietelanta voidaan levittää pellon pintaa viuhkamaisesti hajalevityksenä, nauhana letkulevityskalustolla tai sijoittaa maahan vantaan tai paineen avulla. Lannan levitys ei ole pintalevitystä, jos lannan levityksen jälkeen pelto yhden vuorokauden kuluessa kynnetään tai muokataan, lanta levitetään sijoituslaitteella tai injektoimalla ja jos lanta levitetään letkulevittimillä viljan oraille, öljykasvien taimille tai nurmikasvustoon.

Lietelannan hajalevitys tehdään yleisimmin lautaslevittimillä, mutta myös letkulevityskalusto ja imupainevaunu (kuva 30) soveltuu siihen. Lietelanta pumpataan paineella lautaseen, josta se leviää kaaren muodossa vaunun sivulle ja taakse. Tarkkaan ja tasaiseen levitykseen on lautaslevittimellä vaikea päästä. Työleveydet ovat tavallisesti noin 12 metriä. Hajalevityksessä lanta levitetään koko pellon alalle, jolloin haittana on haihduttavan pinnan suuri määrä. Ammoniakki haihtuu nopeasti, jos olosuhteet ovat sille suotuisat. (Palva et al. 2004a)



**Kuva 30.** Lietelannan levitystä hajalevityksenä imupainevaunulla (Moi As 2007a)

Letkulevityksessä lietelanta levitetään puomiin kiinnitettyjä kevyesti maan pinnalla kulkevia letkuja pitkin nauhamaisesti pellon pinnalle (kuva 31). Letkulevityksen työleveys voi olla jopa 24 metriä, mutta Suomen olosuhteissa enimmillään 16 metrin puomi on toimivin (Palva et al. 2004a). Lietelantavaunuja on myös saatavana eri kokoisina.



**Kuva 31.** Lietevaunuun kytketty 12 metrin letkulevitin. (Livakka Oy 2007)

Lietelannan sijoituslevityksessä lanta upotetaan maahan 2 – 10 senttimetrin syvyyteen joko vannas- tai painelevittimellä. Sijoittamisen etuna on ammoniakkin haihtumisen ja

hajuhaittojen vähentyminen oleellisesti koska lantaa jää pellon pintaan mahdollisimman vähän. Haittapuolena on, että vetovastus kasvaa ja työvevyys voi tästä syystä yleensä olla korkeintaan 8 metriä. Näin ollen menetelmä on hitaampi kuin haja- tai letkulevitys. Sijoittaminen voi haitata kasvien kasvua, kun niiden juuristo vaurioitetaan. On kuitenkin saatu tutkimustuloksia, joissa typen hyväksikäyttö on parantunut. Sijoituslevitys voi myös myöhästyttää kasvua. Maahan sijoitettuna lannan ravinteet eivät ole alttiina pintahuuhtoutumille. Erityisesti nurmilla on usein ongelmana, että pellon pintakerroksen fosforipitoisuus nousee korkeaksi ja lisää valumavesien fosforikuormitusta.

Mitä syvemmälle lanta sijoitetaan vannasmultaimella, sitä suurempi on vantaan aiheuttama vetovastus. Toisaalta matalaan sijoitettaessa ei hehtaarille voida ehkä levittää haluttua määrää lantaa, koska matalaan vakoon ei suuri lantamäärä mahdu. Ns. matalasijoituslaitteet eivät nosta niin helposti kiviä pintaan, ja ne ovat kevyempiä vetää kuin syvempään sijoittavat laitteet. Kuvassa 32 on esitetty esimerkki vannasmultaimesta ja kuvassa 33 tarkempi kuva vantaasta.



**Kuva 32.** Vannasmultaimella (matalamultain) varustettu lietelantavaunu. (Laakson Metalli Oy 2007a)

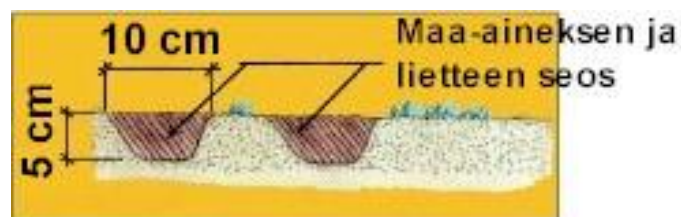


**Kuva 33.** Vannas lähietäisyydeltä tarkasteltuna. (Laakson Metalli Oy 2007a)

Lietelannan sijoitus voidaan tehdä myös kovalla paineella (DGI eli Direct Ground Injection), jolloin ei tarvita vantaita (kuva 34). Levittimen suuttimesta purkautuva painesuihku avaa itselleen vaon maahan (kuva 35). Riittävän paineen ylläpitäminen edellyttää tehokasta pumppua ja traktoria. Levityselementit liukuvat maan pinnalla, eivätkä lisää merkittävästi vetovastusta. (Palva et al. 2004a)



**Kuva 34.** Lietelannan levitys paineella. (Moi As 2007b)



**Kuva 35.** Voimakas lietesuihku leikkaa maahan uran, jossa maa-aines ja liete sekoittuvat. (Agrimarket 2007b)



## **5 TARKASTELTAVAT KÄSITTELYKETJUT**

Tarkastelun kohteeksi valitaan kolme naudan lietelannan käsittelyketjua eli tavanomainen lietelantamenetelmä, rumpukompostointi ja mädätys. Kussakin käsittelyketjussa virtsa ja sonta otetaan karjasuojassa yhdessä talteen ja johdetaan lietekanavia myöten pumppukaivoon, josta edelleen lietelantasäiliöön tai suoraan käsittelyyn. Käsittelyn ja mahdollisen välivarastoinnin jälkeen lanta kuljetetaan kilometrin etäisyydellä olevalle pellolle. Rumpukompostoitu ja jälkikypsytetty lanta välivarastoidaan pellon laidalla patterissa ennen peltolevitystä, mutta muissa menetelmissä lietemäinen lanta levitetään suoraan peltoon.

Kussakin käsittelyketjussa tarkastelu rajataan siten, että eläinsuoja, lietekanava ja pumppukaivo jätetään tarkastelun ulkopuolelle. Käsittelyketjujen loppupäässä rajausta tehdään lannan levitykseen, jonka tarkoituksena on hyödyntää lannan ravinteet.

### **5.1 Lietelantaketju**

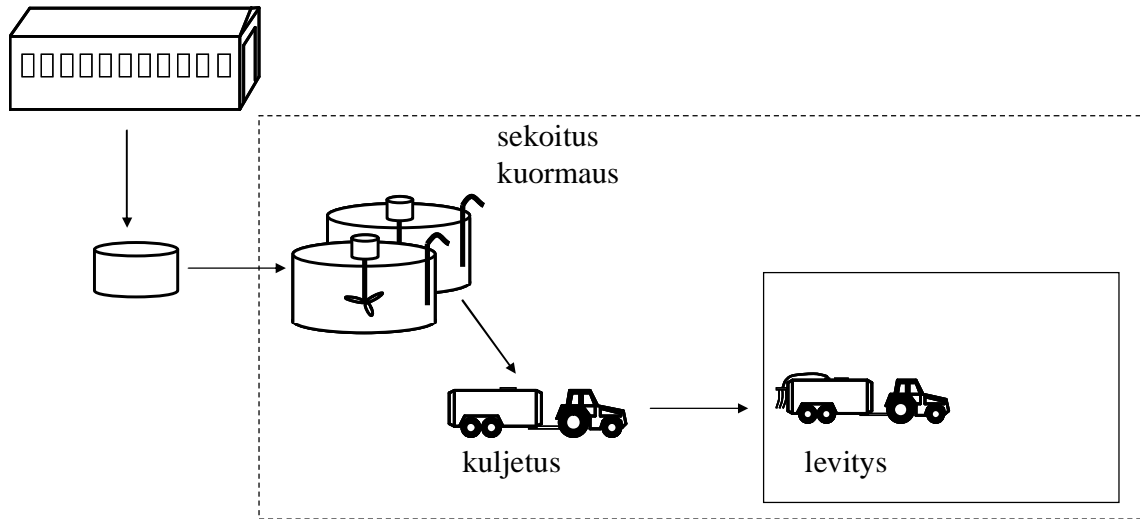
#### **5.1.1 Prosessikuvaus**

Lietelantaketju käsittää lietelannan varastoinnin lietelantasäiliössä, lietelannan sekoituksen, kuormauksen, kuljetuksen ja peltolevityksen.

Lietelanta pumpataan pumppukaivosta betoniharkoista rakennettuun lietelantasäiliöön, joka on varustettu kelluvalla katemateriaalilla. Lietelantasäiliö on tilavuudeltaan sellainen, että siihen mahtuu kahdentoista kuukauden aikana muodostunut lehmien lanta. Lietelantasäiliön rakenteet ovat maa- ja metsätalousministeriön rakentamismääräysten ja ohjeiden mukaiset

Ennen levityksen aloittamista lietelantaa sekoitetaan traktorikäyttöisellä pumppusekoittimella, minkä jälkeen lietelanta pumpataan letkulevityskalustolla varustettuun lietelantavaunuun. Kuormauksessa käytetään päältätäyttöä. Tämän jälkeen lietelanta

kuljetetaan kilometrin päässä sijaitsevalle pellolle ja levitetään letkulevityskalustolla peltoon. Lietelantaketjun prosessikaavio on esitetty kuvassa 36.



**Kuva 36.** Lietelantaketjun prosessikaavio. (kuva Mikko Pitkonen)

Tilalla tarvitaan kaksi tai useampia lietalantasäiliöitä, mikäli vuotuinen lietalantamäärä ylittää 2500 m<sup>3</sup>. Lietelantamäärän kasvaessa valitaan tilavampi lietalantavaunu.

### 5.1.2 Kustannustekijät

Lietelantaketjun merkittävimmät kustannustekijät aiheutuvat katetun lietalantasäiliön ja lietalannan levityskaluston (letkulevitin) investoinnista. Investointikustannuksiin sisältyy myös traktorikäyttöinen sekoitin-pumppu. Kustannuksissa huomioidaan myös lietalantasäiliön ja levityskaluston huolto- ja kunnossapitokustannukset.

Käsittelyketjussa ihmis- ja traktorityökustannuksia aiheuttavat lannan sekoitus, kuormaus, kuljetus ja levitys. Lietelannan ravinteiden rahallinen arvo vähentää kokonaiskustannuksia

### 5.1.3 Laatu- ja ympäristötekijät

Lietelantaketju on tavanomainen lannan käsittelymenetelmä, jossa lannan fysikaaliset tai kemialliset ominaisuudet eivät oleellisesti muutu. Levitykseen käytettävä aika on käytännössä noin yhdeksän viikkoa, joten levitystä ei tarvitse suorittaa heti keväällä kun pellot eivät välttämättä vielä kannu. Pitkä levitysaika tasoittaa myös tilan työhuippuja. Toisaalta itse levitysaikaa joudutaan käyttämään paljolti lannan kuljetukseen, sillä tässä yhteydessä tilalla ei ole käytössä ns. etäsäiliötä. Levitysmenetelmänä letkulevitys on lähes yhtä tarkka ja nopea kuin hajalevityskin. Letkulevityksessä kasvusto ei myöskään vahingoitu, jolloin se pystyy myös paremmin hyödyntämään lannan ravinteet. (Palva et al. 2004a, 2004b)

Lietelantaketjussa ravinteiden olomuoto ei muutu. Typestä on noin 60 % ja fosforista 70 – 80 % liukoisessa eli kasveille käyttökelpoisessa muodossa, mikä edellyttää tarkkuutta lannan ravinteiden ja kasvien ravinnetarpeen yhteensovittamisessa.

Lietelannan ravinteita karkaa joko kaasumaisena emissiona tai valumavesien mukana. Varastoinnin aikainen typen hävikki on lietelantasäiliön kattamisen ansiosta vain noin prosentin luokkaa (Kallioniemi 2002 ref. Gronauer & Schattner 2001). Fosforin hävikkiä ei varastointivaiheessa tapahdu. Letkulevityksessä lietelanta levitetään nauhana, jolloin haihduttava lietteen pinta-ala pienenee ja siten myös ammoniakkin haihtuminen vähenee. Ilmavirtaus lannan pinnalla vähenee kun se on kasvuston suojassa. Kasvuston merkitys onkin suuri, ja paljaalla maalla letkulevityksen hyöty voi olla vähäinen. Letkulevittimellä mullokselle levitetty lanta tulee mullata samoin kuin hajalevitetty sillä ammoniakki haihtuu myös nauhasta, tosin vain pidemmän ajan kuluessa. (Palva et al. 2004b) Typen hävikki ammoniakkinä letkulevityksessä on eri lähteiden mukaan 6 – 55 %. (Mikkola et al. 2002; Palva et al. 2004c) Letkulevityksen jälkeen ravinteita voi karata valumavesien mukana, vaikkakin letkulevitys pienentää ravinteiden huuhtoutumisriskiä huomattavasti (Puumala & Grönroos 2004). Levityksen jälkeen typen haihtuminen on mahdollista nitrifikaation ja denitrifikaation vuoksi.

Lietelannan levitys hajalevityksenä kasvustoon saattaa heikentää kasvuston mikrobiologista laatua, mikäli lannassa on haitallisia mikrobeja. Lietelannan levitys letkulevityksenä pienentää tätä mikrobiologista riskiä. (Heinonen-Tanski et al. 1998) Lannan haitalliset mikrobit eivät tuhoudu ketjun aikana, mikä edellyttää varovaisuutta lannan käsittelyssä.

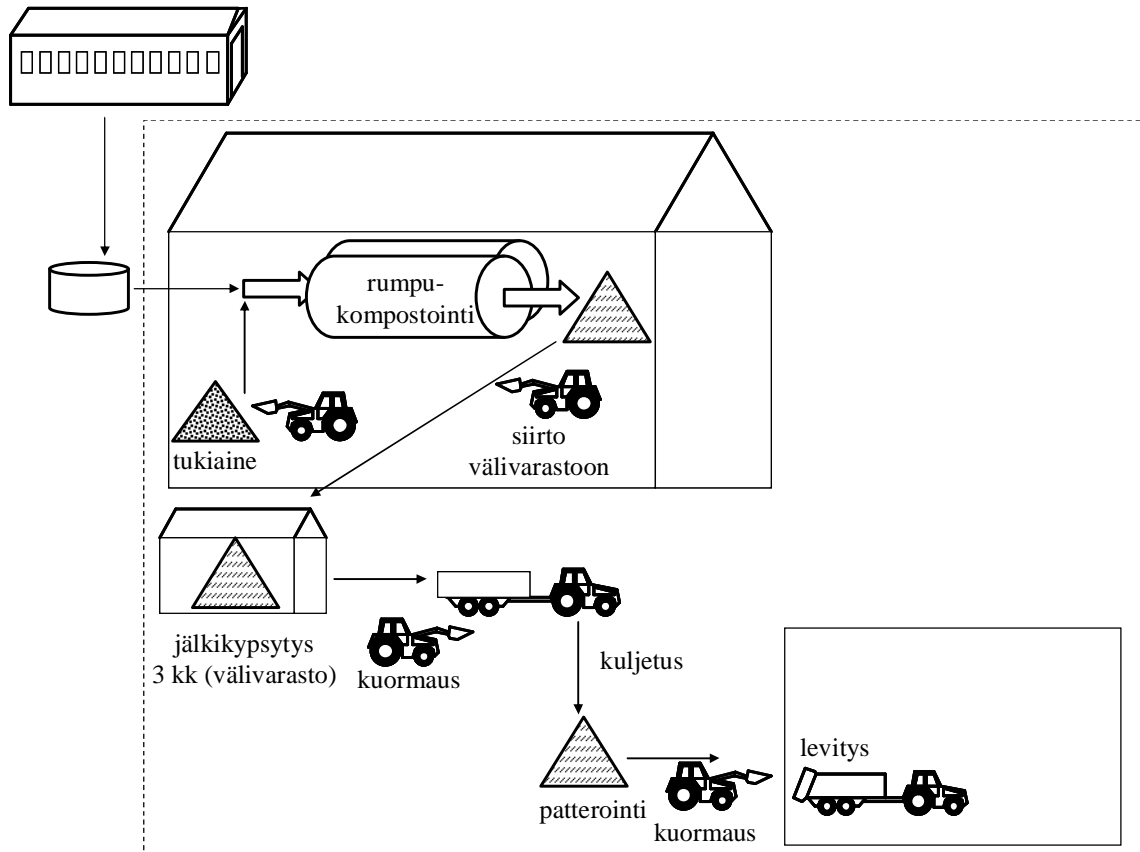
## 5.2 Rumpukompostointiketju

### 5.2.1 Prosessikuvaus

Lietelannan rumpukompostointi –ketjussa on useita eri vaiheita

- tukiaineen ja lietelannan sekoitus ja rumpukompostointi
- rumpukompostoidun massan siirto välivarastoon
- välivarastointi (jälikypsytyys)
- kompostin kuormaus ja kuljetus pellolle patteriin
- kompostin patterointi (loppuvarastointi)
- kompostin kuormaus ja levitys peltoon

Lietelannan sekoitus tukiaineeseen voidaan tehdä eri tavoin. Suuremmilla lietelantamäärillä (tilalla  $\geq 100$  nautaa) lietelanta pumpataan kompostoriin johtavalle kaksoissyöttöruuville, johon tukiaine siirretään siirtoruuvilla tai muulla tukiaineen kuljetukseen soveltuvalla kuljettimella. Pienemmillä tiloilla (tilalla  $\leq 50$  nautaa) tukiaine siirretään kauhakuormaajalla kompostoriin johtavalle syöttöruuville, johon lietelanta pumpataan. Tukiaineena käytetään turvetta siten, että tukiaineen ja lietelannan tilavuussuhde on 1,5:1 ja kompostorin täyttöaste on 60 %. Rumpukompostori on sijoitettava rakennuksen sisään. Lantamäärän kasvaessa lisätään rumpukompostoreiden määrää tai kokoa. Kompostointiketjun prosessikaavio on esitetty kuvassa 37.



**Kuva 37.** Kompostointiketjun prosessikaavio. (kuva Mikko Pitkonen)

Kompostointi tapahtuu vaak akselinsa ympäri pyörivässä rummussa. Automaattisesti ohjatun pyöryksen aikana kompostoitava massa (TS noin 20 %) siirtyy rummun sisällä eteenpäin. Samanaikaisesti kompostimassa sekoittuu ja ilmastuu säädetyllä tavalla. Rumpukompostointi toimii jatkuvatoimisesti. Massaa liikuttaessa siitä vapautuu mikrobien toiminnan seurauksena syntynyttä lämpöenergiaa ja hiilidioksidia. Lämmin ja kostea höyry imetään rumpukompostorista ulos puhaltimilla. Tässä vaiheessa myös kompostoitavan massan lämpötila ja pH nousee. Esimerkiksi Vuorisen ja Saharisen (1999) tekemässä tutkimuksessa massan lämpötila oli 42 – 45°C. Massan lämpötila voi nousta myös hieman yli 60°C:een (Hänninen & Heimonen 1995). Lietelannan kompostoituminen kestää 5 – 10 vuorokautta. Tässä tarkastelussa kompostoitumisen on oletettu kestävän seitsemän vuorokautta, minkä mukaan tarvittavien rumpukompostorien tilavuuskin on laskettu. Rumpujen täyttöaste on 60 %.

Kompostointiprosessin ohjaus voidaan toteuttaa joko kellokytkennällä tai logiikkaohjattuna. Logiikkaohjauksella voidaan kuljettimien toiminta sovittaa kompostirummun pyöriksen kanssa prosessin vaatimalla tavalla automaattisesti. Tällöin ei tarvita työnaikaista prosessin säätämistä ja prosessi saadaan vakioiduksi toimimaan mahdollisimman hyvin. Lisäksi logiikan avulla voidaan ohjata massan ilmastamista ja suorittaa prosessin seurantamittaukset myös automaattisesti. (Hyvärinen 2004).

Kompostoitunut massa, jonka tilavuus on rumpukompostoinnissa pienentynyt noin 15 – 35 %, poistetaan rumpukompostorista ruuvikuljettimella rummun ulkopuolelle kasaan. Massa siirretään edelleen kauhakuormaajalla tiivispohjaiselle alustalle, jossa sitä jälkikypsytetään kolme kuukautta. Jälkikypsytyksen alussa massan lämpötila nousee muutamaksi päiväksi jopa 60°C:een, minkä jälkeen se alkaa vähitellen laskea. Jälkikypsytyksen jälkeen kompostoidun massan kuiva-ainepitoisuus on noin 27 % (Vuorinen & Saharinen 1999).

Jälkikypsytyksen jälkeen kompostoitu massa kuormataan ja kuljetetaan pellolle patteriin. Patterin pohjalle levitetään 15 cm:n kerros turvetta ja patteri peitetään 10 cm:n turvekerroksella. Patterivarastoinnin aikana kompostin kuiva-aine nousee vielä hieman. Lopuksi kompostoitu lanta kuormataan ja levitetään peltoon pystykeloilla varustetulla kuivalannanlevityskalustolla.

### **5.2.2 Kustannustekijät**

Kompostointiketjun investointikustannukset muodostuvat rumpukompostorin ja siihen kuuluvien siirtoruuvien, kompostorihallin, kuivalantavaunun, etukuormaimen ja kompostoidun lannan välivaraston hankinnasta. Suuremmissa yksiköissä ( $\geq 100$  lehmää) investointikustannuksiin sisältyy myös tukiainevarasto kompostoinnissa tarvittavalle turpeelle. Kustannuksiin huomioidaan edellä mainittujen investointien huolto- ja kunnossapitokustannukset. Esimerkiksi rumpukompostorin huolto- ja kunnossapitokustannukset koostuvat pääosin erilaisista laakereiden, voimasiirtolaitteiden ja pyörivien osien rasvauksesta ja voitelusta.

Ihmis- ja traktorityökustannuksia syntyy kompostoidun lannan siirtelystä välivarastoon, kuormauksesta ja kuljetuksesta patterivarastointiin sekä kuormauksesta ja peltolevityksestä. Pienemmissä yksiköissä (< 100 lehmää) ihmis- ja traktorityökustannuksia nostaa manuaalisesti tehtävä tukiaineen syöttö.

Ihmis- ja traktorityön lisäksi kustannuksia syntyy kompostoinnissa tarvittavasta tukiaineesta, kompostoinnin sähkönkulutuksesta sekä patterivarastoinnissa tarvittavasta turpeesta. Kun kompostoinnin tukiaineena käytetään turvetta, nousee tukiainekustannus erittäin merkittäväksi kustannustekijäksi. Sen sijaan rumpukompostoinnin sähköenergian kulutus ei ole merkittävä. Sähköä kuluttaa rummun pyörityslaitteisto, syöttö- ja purkuruuvit sekä ilmastuslaitteisto. Esimerkiksi yhden 100 m<sup>3</sup> rumpukompostorin sähköenergian kulutus on noin 22 MWh vuodessa. Kompostointirakennusta ei tarvitse lämmittää ulkopuolisella energialla, sillä tarvittava lämpö saadaan rumpukompostorin lämpöhäviöistä.

Kuten lietelantaketjussakin kompostin ravinteiden rahallinen arvo vähentää kokonaiskustannuksia.

### **5.2.3 Laatu- ja ympäristötekijät**

Prosessin aikana massan kuiva-ainepitoisuus nousee ja se muuttuu sekä ulkonäöltään että hajultaan multamaiseksi. Lannan ravinteita häviää tai ne muuttavat muotoaan prosessin aikana, minkä vuoksi lannan rahallinen arvo luonnollisesti laskee. Toisaalta lannan tilavuus kompostoinnissa vähenee, joten kompostilannan kuljetus- ja levityskustannukset pienenevät. Kompostoinnin avulla voidaan tilalla tasata keväälle ja syksylle ajoittuvia työhuippuja. Kompostoidun ja jälkikypsytetyn lannan voi kuljettaa talvisaikaankin pellon laidalle patteriin varastoitavaksi, jolloin levitysjakso on tehokkaammin käytettävissä varsinaiseen levitykseen. Kompostointi lisää kuitenkin tilan kokonaistyöaikaa jonkin verran.

Kompostointiprosessissa lannan tyyppi muuttuu vaikealiukoisemmaksi eli orgaaniseksi typeksi. Shepherdin (Prokkola et al. 2003 ref. Shepherd 2000) mukaan kompostoidun

lannan tyyppistä on 80–95 % orgaanisessa muodossa, 5–20 % ammoniumtyyppinä ja <5 % nitraattityyppinä. Eloperäisen typen vapautuminen kasvien käyttöön riippuu kompostin laadun lisäksi maan lämpötilasta ja kosteudesta. Kompostoidun lannan välitön tyypivaikutus on ensimmäisenä vuonna 5–15 % ja seuraavina vuosina 2–8 % kompostin kokonaistyyppistä. Lannan pitkäaikainen kompostointiaika lisää typpi-yhdisteiden biologista stabiilisuutta ja siten vähentää typen saatavuutta kasveille. (Paatero et al. 1984; Lehtonen et al. 2003; Prokkola et al. 2003 ref. Amlinger et al. 2000; Prokkola et al. 2003 ref. Shepherd 2000)

Kompostointi sen sijaan lisää fosforin liukoisuutta. Hajoamisessa vapautuva fosfori ei yleensä sitoudu uudelleen eloperäiseen muotoon, vaan jää kompostiin melko helpoliukoisena. Lahoaminen edistää eloperäisen aineen fosforin liukoisuutta. Kompostien sisältämän fosforin käyttökelpoisuus kasveille on ensimmäisenä vuonna jokseenkin vähäinen. (Paatero et al. 1984; Vuorinen & Saharinen 1999)

Prosessin aikana lannan ravinteita häviää joko haihtumalla tai valumavesien mukana. Koko ketjun aikana typen hävikki voi olla jopa 60 %. Pelkästään rumpukompostoinnin ja jälkikypsytyksen aikainen typen hävikki voi olla lähes 37 %. Kaasumaisena emissiona hävinnyt typpi voi olla ammoniakkia, typpioksiduulia tai typpimonoksidia. Samoja kaasumaisia yhdisteitä voi haihtua myös patterointivaiheessa, levitysvaiheessa ja levityksen jälkeen. Ammoniakin haihtuminen on suurinta silloin kun massan ammoniumtyyppipitoisuus, lämpötila ja pH ovat korkeimmillaan. Typpioksiduulia muodostuu puolestaan sekä nitrifikaatio- että denitrifikaatioprosessissa, jotka ovat mahdollisia jo kompostin jälkikypsytysvaiheessa. Toisaalta tarkkoja tietoja kompostoinnin aiheuttamista typpioksiduulipäästöistä ei ole saatavilla. Typen ja fosforin häviäminen valumavesien mukana on mahdollista patterivarastoinnin aikana sekä pellolta. (Vuorinen & Saharinen 1999; Pipatti et al. 2000)

Kompostoinnissa voi syntyä metaanipäästöjä, mikäli massaa ei ilmasteta ja sekoiteta tarpeeksi. Yleisesti kompostoinnin on arvioitu vähentävän lannankäsittelyn metaanipäästöjä jopa 70 %. (Pipatti 1997)



Lantakompostilla on hyvä maanparannusvaikutus. Lantakomposti parantaa maan mururakennetta ja vedenpidätyskykyä sekä tehostaa maaperän mikrobitoimintaa. Kompostin sisältämät humusaineet nostavat maan kationinvaihtokapasiteettia ja siten ehkäisevät ravinteiden huuhtoutumista maasta. Humusaineet myös parantavat maaperän puskurikykyä ja ehkäisevät siten maaperän happamoitumista. (Vuorio 2001)

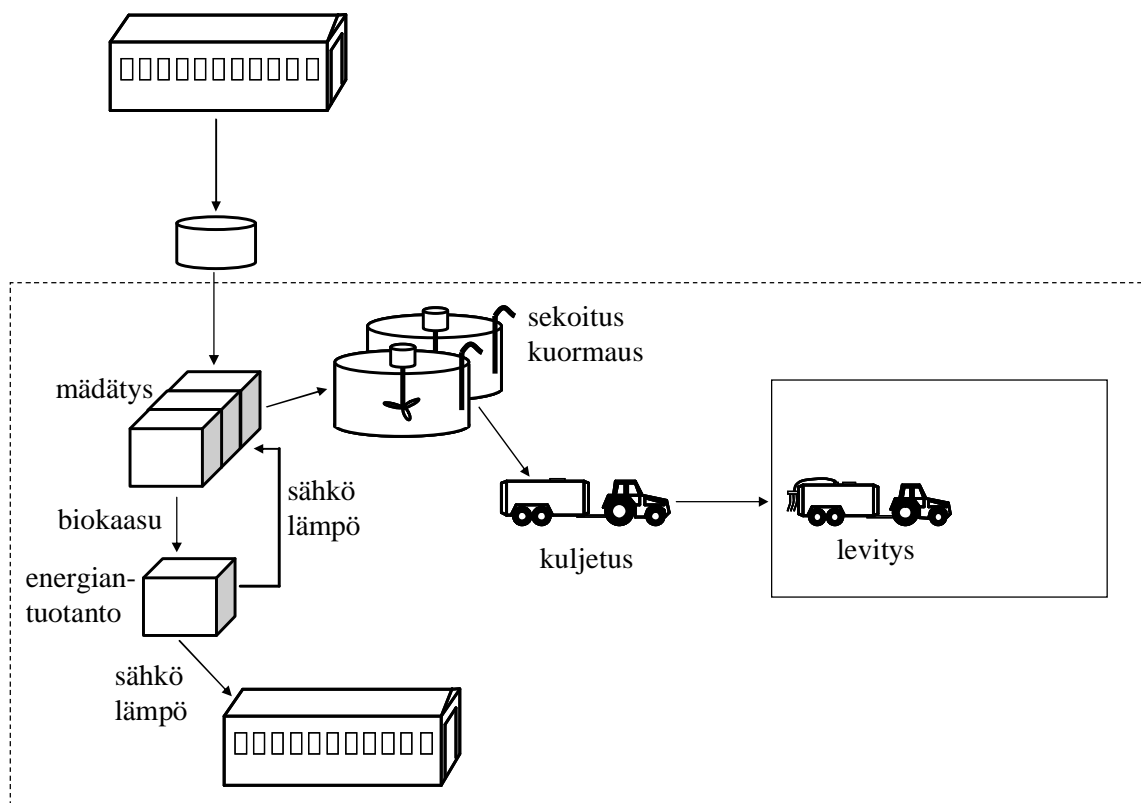
Kompostoinnin hygieenisyyden seurannassa käytettyjä suolistoperäisiä indikaattorimikrobeja ovat muun muassa enterokokit, fekaaliset koliformit, enterobakteerit ja fekaaliset streptokokit sekä eräät virukset. Kirjallisuudessa esitetään, että kompostointi on tehokas keino haitallisten mikrobien tuhoamiseksi, mikäli kompostoinnissa saavutetaan riittävä lämpötila ja viipymäaika. Esimerkiksi Vuorisen ja Saharisen (1999) tekemässä tutkimuksessa fekaaliset streptokokit eivät tuhoutuneet täysin rumpukompostoinnissa, mutta jälkikypsytyssä lantakompostissa niitä ei enää ollut havaittavissa. Fekaalisten streptokokkien häviäminen oli mitä todennäköisimmin korkean lämpötilan (lähes 60 °C) ansiota. Sarvaalan (2004) tekemässä tutkimuksessa rumpukompostoitu ja jälkikypsytetty lantakomposti sisälsi enterobakteereja ja klostrideja huomattavasti paljon enemmän mitä sivutuoteasetus sallii.

Rumpukompostorin käyttö ei aina ole täysin ongelmaton. Rummun syöttö- ja purkulaitteet ovat häiriöherkkiä ja etenkin pakkasella ne voivat jäätyä ja rikkoutua. Myös rummun pyörityslaitteisto on altis rikkoutumiselle. Yleinen häiriö rumpukompostoinnissa on myös se, ettei lämpötila rummussa nouse tarpeeksi korkealle, mikä johtuu liiallisesta kosteudesta tai heikosta ilmanvaihdosta. Talvella jäinen tukiaine hidastaa massan lämpenemistä. Rumpukompostointi ei myöskään välttämättä sovi yhteen kaikkien lannankäsittelyjärjestelmien kanssa. (Klemola & Malkki 1995)

## 5.3 Mädätysketju

### 5.3.1 Prosessikuvaus

Lietelannan mädätys käsittää lietelannan mädätyksen, varastoinnin, sekoituksen, kuormauksen, kuljetuksen ja peltolevityksen sekä mädätyksestä saatavan biokaasun hyödyntämisen energiana. Kuvassa 38 on esitetty mädätysketjun prosessikaavio.



**Kuva 38.** Mädätysketjun prosessikaavio. (Kuva Mikko Pitkonen)

Lietelanta pumpataan pumppukaivolta WISA-mädätysjärjestelmään, joka koostuu ns. lämpöeristetyistä fermenttorimoduleista. Näitä valmiita modulikonnteja valitaan käsiteltävän lietelantamäärän mukaan sopiva määrä. Kontit asennetaan kevyille perustuksille eikä erillistä rakennusta tarvita. Automaattinen ohjausjärjestelmä täyttää eri moduuleita vuorotellen, jolloin kaasun tuotanto on jatkuvaa, sekä prosessin häiriöt pysyvät minimissään. Fermenttorissa lietelantaa sekoitetaan tasaisin väliajoin. WISA-prosessi on

jatkuvatoiminen märkäprosessi eli kiintoainepitoisuus on alle 15 %. Kuormitus määrätty siten, että kaikki päivän aikana syntyvä lanta syötetään reaktoreihin. Erillistä ympäristä ei tarvita. Prosessi toimii mesofiilisella lämpötila-alueella ja sen lämmöneristyksessä on huomioitu Suomen ilmasto-olosuhteet. Syötteen viipymäaika reaktoreissa on 21–25 vuorokautta.

Fermentoreissa syntyvää biokaasua (0,3 kg/kg<sub>VS</sub>) voidaan varastoida fermenttorin yläosassa, jolloin erillistä kaasuväkästä ei tarvita. Fermenttorista biokaasu johdetaan kaasumoottoriin tai aggregaattiin, jolla tuotetaan sekä lämpöä että sähköä. Tuotetusta sähköstä 5 % ja lämmöstä 10 % käytetään mädätysprosessissa. Loput sähköstä ja lämmöstä käytetään tilan omiin toimintoihin. Aggregaatti tarvitsee tukipolttoaineenaan kevyttä polttoöljyä noin 10 %.

Mädätetty liete pumpataan katettuun lietelantasäiliöön, jossa sitä varastoidaan siihen asti kunnes sen voi nitraattiasetuksen mukaan levittää. Lopulta liete sekoitetaan, kuormataan, kuljetetaan ja levitetään peltoon. Levityksessä käytetään letkulevitysmenetelmää.

### **5.3.2 Kustannustekijät**

Mädätyksen kustannustekijöistä merkittävin on mädätysjärjestelmän investoinnin osuus. Muita investointikustannuksia syntyy mädätetyn lietelannan varastosäiliön, levityskaluston ja traktorikäyttöisen sekoitin-pumpun hankinnasta. Kuten muissakin käsittelyketjuissa huolto- ja kunnossapitokustannukset aiheutuvat edellä mainitun kaluston ja rakennelmien huollosta.

Muuttuvia kustannuksia syntyy mädätyksen ihmistyöstä sekä mädätetyn lannan levityksen ihmis- ja traktorityöstä. Mädätyksen ihmistyö käsittää tavanomaista toiminnan tarkkailua. Suuremmissa yksiköissä ( $\geq 200$  nautaa) biokaasun polttolaitteiston tarvitsema apupolttoaine lisää hieman kustannuksia.

Kokonaiskustannuksia vähentää biokaasulla tuotettava sähkö- ja lämpöenergia sekä mädätetyn lannan ravinteiden arvo.

### 5.3.3 Laatu- ja ympäristötekijät

Mädätysprosessissa lietelannan ravinteiden määrä tai fysikaaliset ominaisuudet eivät merkittävästi muutu, joten kuljetettavan ja levitettävän lannan määrä on kutakuinkin sama kuin lietelantamenetelmässä. Mädätysjärjestelmän huolto- ja ylläpitotoimenpiteet lisäävät hieman tilan työmäärää. Raakalantaan verrattuna mädätetty lanta on homogeenisempaa ravinteiden suhteen, sen viskositeetti on parempi, kuiva-ainepitoisuus alhaisempi ja pH hieman korkeampi. Lisäksi anaerobinen käsittely vähentää lannan fytotoksisten yhdisteiden määrää. Alhaisemman kuiva-ainepitoisuuden ja paremman viskositeetin ansiosta mädätetty lietelanta imeytyy peltoon paremmin kuin mädättämätön lanta. Lisäksi letkulevitysmenetelmä parantaa ravinteiden hyödynnettävyyttä. Kohonneen pH:n ansiosta pellon kalkitustarve vähenee.

Lannan ravinteet muuttuvat käsittelyssä osittain liukoiseen eli kasveille käyttökelpoisempaan muotoon, jolloin mädätetty lanta on tehokkaampaa lannoitetta. Lannan ravinteiden liukoisuuden parantuessa voidaan siten säästää väkilannoitekustannuksissa. (Taavitsainen et al. 2002; Ørtenblad 2004)

Mädätyskäsittelyssä suurin osa typestä liukoistuu  $\text{NH}_4\text{-N}$ :ksi, fosfori  $\text{PO}_4\text{-P}$ :ksi ja kalium  $\text{K}_2\text{O-K}$ :si. Ravinteiden muuttuminen liukoiseen muotoon voidaan katsoa tapahtuvan samassa suhteessa kuin lietteen orgaaninen (VS) määrä vähenee. Jos esim. VS-vähennä on 40 %, niin orgaanisesta typestä vähintään 40 % muuttuu liukoiseen muotoon. (Taavitsainen et al. 2002 ref. Jokela 2002)

Koko ketjun aikana mädätetyn lannan ravinteita voi hävitä haihtumalla tai valumavesien mukana. Kaasumaisena emissiona hävinnyt tyyppi voi olla ammoniakkia, typpioksiduulia tai typpimonoksidia. Valumavesien mukana voi mädätteestä hävitä sekä tyyppiä että fosforia.

Katetun lietelantasäiliön ansiosta varastoinnin aikainen typen haihdunta ja siten ammoniakkipäästö on vähäinen, ehkä noin prosentin luokkaa. (Kallioniemi 2002 ref. Gronauer & Schattner 2001) Ilman katetta typestä haihtuisi ammoniakkina 6 – 9 %.

Levityksen aikana ja sen jälkeen syntyvä typpihävikki riippuu levitystavasta, mädätetyn lannan kuiva-ainepitoisuudesta, sääoloista, maaperän ominaisuudesta ja kasvityypistä. Lannan pH:n noustessa ammoniakkia haihtuu myös herkemmin. Typpipäästöt voivat olla huomattavia, mikäli levitys tehdään syksyllä, mutta keväällä tai suoraan kasvustoon levitettäessä nopea typen vapautuminen on hyväksi. Paljaalle pellolle levitettäessä voi typen hävikki olla 20 – 30 %, mikäli lantaa ei mullata muutaman tunnin sisällä. Typen hävikki pienenee kuitenkin noin 30 – 40 % kun käytetään letkulevityskalustoa, joten typen hävikki ammoniakkina pellolta on noin 10 %. (Puumala & Grönroos 2004; Ørtenblad 2004)

Mädätetyn lannan hiili/typpi suhde on huomattavasti alhaisempi kuin käsittelemättömän lannan ja lanta on muutoinkin homogeenisempaa. Tämän vuoksi mädätetyn lannan aiheuttama typpioksiduulipäästö pellolta on huomattavasti alhaisempi kuin raakalannalla, sillä alhainen orgaanisen aineksen pitoisuus saattaa tehostaa nitrifikaatiota ja denitrifikaatiota pellossa. (Rintala et al. 2002 ref. Knudsen ja Birkmose 1997, Klingler 1999; Ørtenblad 2004)

Pipatti (1997) on arvioinut mädätyksen vähentävän lannankäsittelystä aiheutuvia metaanipäästöjä jopa 70 %. Biokaasun tuotanto vähentää kasvihuonekaasupäästöjä myös epäsuorasti, koska sillä voidaan korvata fossiilisia polttoaineita.

Mädätyskäsittely on suljettu prosessi, josta haihtuvat kaasut kerätään talteen ja poltetaan. Tämä vähentää lantojen aiheuttamaa hajua merkittävästi. Lisäksi mädätetty liete haisee huomattavasti vähemmän kuin käsittelemätön lanta, joten ympäristön viihtyvyyden kannaltakin mädätyksellä on selviä etuja. (Rintala et al. 2002)

Lannan anaerobinen käsittely voi vähentää vesistöjen ravinnekuormituksia. Mädätyksessä osa lannan typestä muuttuu kasveille käyttökelpoisempaan muotoon, jolloin kasvien typenotto tehostuu. Kun kasvit pystyvät paremmin käyttämään lannan ravinteet hyväkseen, riski niiden kulkeutumisesta vesistöihin pienenee. Lisäksi maaperän mikrobit kykenevät immobilisoimaan vähemmän typpeä, jos lanta on mädätetty. Immobilisoitunut typpi on sikäli haitallinen, koska se voi vapautua myöhemmin usein kasvukauden jälkeen, jolloin

ravinteita karkaa kaasumaisena emissiona tai vesien mukana. Mikäli mädätettyä lantaa kulkeutuu vesistöön ei sen aiheuttamat BOD<sub>7</sub>- ja COD-kuormat ole niin haitallisia kuin raakalannan alentuneen orgaanisen aineksen vuoksi. (Ørtenblad 2004)

Joidenkin tutkimusten mukaan mesofiilinen anaerobikäsittely ei riitä tuhoamaan patogeenisiä mikrobeja (Leinonen & Kuittinen 2001 ref. Rückert 1991, Lund et al. 1996). Toisaalta esimerkiksi Koivusen (1998) tekemä tutkimus osoitti, että mesofiilisessa anaerobiprosessissa fekaalisten streptokokkien vähenemä oli 97 % ja lämpökestoisten koliformien 99 %. Myös Kalmarin tilalla mesofiilisessa anaerobiprosessissa on saavutettu noin 99 % vähenemä lämpökestoisten kolimuotoisten bakteerien ja enterokokkien osalta. On kuitenkin huomattava, että käytettäessä letkulevitysmenetelmää, mädätetty lanta levitetään kasvuston juurelle, jolloin kontaminaation riski pienenee.

Anaerobisen hajoamisen takaamiseksi prosessissa on oltava optimaaliset olosuhteet (pH, lämpötila, ravinteet). Prosessin toiminta voi häiriintyä jonkin kemiallisen tai fysikaalisen tekijän vuoksi, mikä yleensä laskee metaanin tuotantoa tai estää sen kokonaan. Yleisin anaerobista prosessia häiritsevä tekijä on lannasta peräisin oleva ammoniakki. Myös korkea typpipitoisuus, rikkivety (H<sub>2</sub>S), liuennut happi, pitkäketjuiset rasvahapot (LCFA) tai haihtuvat rasvahapot (VFA) voivat inhiboida prosessia. Ammoniakki ja rikkivety aiheuttavat ongelmia (esim. korroosio) myös biokaasun käytössä. (Wheatley 1999; Rintala et al. 2002)

## **6 TARKASTELTAVIEN KÄSITTELYKETJUJEN KUSTANNUKSET JA SWOT-ANALYYSIT**

Tässä yhteydessä esitetään edellisessä kappaleessa esitettyjen naudon lietelannan käsittelyketjujen kustannukset sekä tarkastellaan menetelmien ympäristö- ja laatutekijöitä ns. SWOT-analyysin avulla. Tarkemmat lähtötiedot ja kustannukset on esitetty liitteessä 1.

## 6.1 Kustannustarkastelun kuvaus

Kustannuslaskennassa huomioidaan valittujen käsittelyketjujen investointi-, huolto- ja kunnossapito- sekä muuttuvat kustannukset. Kokonaiskustannuksia vähentää lannan ravinteiden arvo, joka kussakin ketjussa on erilainen riippuen käsittelyketjussa esiintyvistä ravinnehävikeistä. Mädätysketjussa kokonaiskustannuksia vähentää myös biokaasusta saatavan sähkö- ja lämpöenergian arvo.

Kustannustarkastelusta jätetään huomioimatta epäsuorat kustannukset kuten esimerkiksi maan tiivistymisestä tai muusta tekijästä aiheutuvat satotappiot.

Kustannuslaskelmat tehdään naudon lietelannan käsittelyketjuille siten, että nautojen lukumäärät ovat 20, 50, 100, 150, 200 ja 250. Järjestelmät mitoitetaan 12 kuukauden aikana muodostuneelle naudon lietelannalle, jota yksi nauta tuottaa 24 m<sup>3</sup> vuodessa. Taulukosta 11 nähdään kussakin menetelmässä käsiteltävät lietelantamäärät.

**Taulukko 11.** Nautojen lukumääriä vastaavat lietelantamäärät

Nautojen lukumäärä	25	50	100	150	200	250
Lantamäärä [m <sup>3</sup> ]	600	1 200	2 400	3 600	4 800	6 000

### 6.1.1 Investointikustannukset

Vuosittaiset investointikustannukset lasketaan annuiteettimenetelmällä käyttäen 5 % korkokantaa. Laskelmissa poistoajaksi valitaan koneille ja laitteille 15 vuotta ja rakennelmille 20 vuotta.

Rumpukompostoreille, mädätysyksiköille ja mädätysjärjestelmiin liitettäville biokaasun polttolaitteistoille sekä näiden asennukselle käytetään Rumen Oy:n hintoja + 10 %. Lietelantavaunun, letkulevittimen, lietepumpun, lietesekoittimen, kuivalantavaunun ja etukuormaimen hinnaksi valitaan Koneviesti-lehdessä 3/2004 olleet hinnat. Lietelanta- ja

kuivalantavaunun sekä letkulevittimen kokoa suurennetaan lantamäärän kasvaessa. Lietelantasäiliön, säiliön katteen ja kompostoidun välivaraston kustannus lasketaan maa- ja metsätalousministeriön asetuksen (99/2001) mukaan. Lietelantasäiliön kustannus lasketaan kaavan 1 avulla, lietalantasäiliön katteen kustannus kaavan 2 avulla ja kompostin välivaraston kustannus kaavan 3 avulla. Hintoihin lisätään arvonlisävero. Rakentamisen työkustannukset sisältyvät hintoihin.

$$H_{\text{säiliö}} = y \cdot V_{\text{säiliö}}^{0,6} \quad (1)$$

$H_{\text{säiliö}}$  lietalantasäiliön hinta [€]  
 $y$  vakio, tässä tapauksessa 350  
 $V_{\text{säiliö}}$  lietalantasäiliön tilavuus [m<sup>3</sup>]

$$H_{\text{kate}} = A_{\text{kate}} \cdot 17 \text{ €/m}^2 \quad (2)$$

$H_{\text{kate}}$  katteen hinta [€]  
 $A_{\text{kate}}$  katteen ala [m<sup>2</sup>]

$$H_{\text{väli var asto}} = A_{\text{väli var asto1}} \cdot 15 \text{ €/m}^2 + A_{\text{väli var asto2}} \cdot 12 \text{ €/m}^2 \quad (3)$$

$H_{\text{väli var asto}}$  kompostoidun lannan välivaraston hinta [€]  
 $A_{\text{väli var asto1}}$  välivaraston ala 100 m<sup>2</sup>:iin asti [m<sup>2</sup>]  
 $A_{\text{väli var asto2}}$  välivaraston ala, joka ylittää 100 m<sup>2</sup> [m<sup>2</sup>]

Lietelantasäiliön muodoksi ja korkeudeksi valitaan betoniharkoista valmistettu pyöreä 3 metriä korkea säiliö, jonka todellinen tilavuus ja pinta-ala valittiin maatalouden betonielementtien suunnitteluohjeesta. Suunnitteluohjeen mukaan valitaan yhden lietalantasäiliön enimmäistilavuudeksi 2500 m<sup>3</sup> (Betonikeskus ry 2004).

### 6.1.2 Huolto- ja kunnossapitokustannukset

Investoinnista riippuen huolto- ja kunnossapitokustannukset ovat koneille ja laitteille 1 % ja rakenteille 2 % investointikustannuksista. Joissakin tapauksissa käytetään valmistajan omaa arvoa.



### 6.1.3 Muuttuvat kustannukset

Muuttuvat kustannukset koostuvat ihmistyö- ja traktorityökustannuksista sekä käsittelyketjusta riippuen tukiaine-, energia- ja apupolttoainekustannuksista.

Oletuksena on, että kaiken lannankäsittelytyön tekee tilallinen itse, jolloin ihmistyön hintana käytetään 13,50 €/h ja traktorityön 14,50 €/h. Ihmistyön hinnan perusteena on käytetty Maaseututyöntekijäliiton mukaista keskimääräistä maaseututyöntekijän keskimääräistä palkkaa, joka on 8,06 €/h + sotu. Traktorityökustannuksessa on huomioitu traktorin investointikustannus. (Pentti 2005) Lannan kuormaukseen ja levitykseen kuluva työaika määritetään työtehosteuran tekemän selvityksen avulla. Kuljetukseen kuluva aika lasketaan kaavan 4 avulla. (Palva et al. 2004a). Kuljetuksen edestakaisen matkan pituus on 2 km ja traktorin nopeus on 12 km/h. Raaka- tai käsiteltyä lantaa levitetään pellolle 40 m<sup>3</sup>/ha.

$$T_{\text{kuljetus}} = 1,09 \cdot \frac{h}{v \cdot V_{\text{kuorma}}} \quad (4)$$

$T_{\text{kuljetus}}$  lannan kuljetukseen kuluva aika [h/m<sup>3</sup>]

1,09 kerroin, jonka avulla saadaan lisättyä 5 %:n elpymislisä ja 4 %:n häiriölisä

$h$  edestakainen matka [km]

$v$  keskinopeus [km/h]

$V_{\text{kuorma}}$  levitysvaunun tilavuus [m<sup>3</sup>]

Sähkö- ja lämpöenergian hinnaksi valitaan energiamarkkinaviraston tai kauppa- ja teollisuusministeriön ilmoittamat keskiarvohinnat, jotka ovat 0,0846 €/kWh sähkölle ja 0,05 €/kWh lämmölle. Tukiaineena käytetään turvetta, jonka hinnan arvioidaan olevan 6 €/t (Hyvärinen 2004). Biokaasun polttolaitteiston käyttämän apupolttoaineen hintana käytetään 0,45 €/l.

#### 6.1.4 Kustannuksia vähentävät säästöt

Kokonaiskustannuksia vähentävä raaka- tai käsitellyn lannan arvo lasketaan sen sisältämästä ravinteista. Lannan ravinteista huomioon sen sisältämä liukoinen typpi, 75 % kokonaisfosforista ja kalium kokonaan. Runsaasti orgaanista typpeä sisältävän lannan orgaanisesta tyypestä voidaan arvostaa väkilannoitetypen veroiseksi 10 – 20 % levitystavasta riippuen. Typen hinnaksi valitaan 63,6 snt/kg, fosforin 128,3 snt/kg ja kaliumin 47,7 snt/kg (Kapuinen 2002b).

Lietelannan ominaisuudet ennen ravinnehävikkejä tai käsittelyä ovat

- kokonaistyppi 3,3 kg/t
- liukoinen typpi 1,9 kg/t
- fosfori 0,6 kg/t
- kalium 2,9 kg/t
- tiheys 1000 kg/m<sup>3</sup>
- TS = 10 %, josta VS 80 % (Lamminen 2001)
- biokaasun tuotto 0,3 m<sup>3</sup>/kgVS; biokaasun metaanipitoisuus 54 %

Biokaasusta saatavalle sähkö- ja lämpöenergialle valitaan energiamarkkinaviraston tai kauppa- ja teollisuusministeriön ilmoittamat keskimääräiset hinnat, jotka ovat 0,0846 €/kWh sähkölle ja 0,05 €/kWh lämmölle.

## 6.2 SWOT-analyysin kuvaus

SWOT-analyysi (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) on Boston Consulting Groupin 1970-luvulla kehittämä nelikenttä-menetelmä, jota käytetään oppimisen tai ongelmien tunnistamisessa, arvioinnissa ja kehittämisessä. Hyödyllisyytensä ja yksinkertaisuutensa ansiosta sitä käytetään työkaluna hankkeiden ja projektien suunnittelussa. Nelikentän pohjalta voidaan osoittaa konkreettisia toimenpiteitä, joilla vahvuuksia voidaan vahvistaa, heikkouksia korjata, mahdollisuuksia hyödyntää ja uhkiin varautua. SWOT-menetelmässä yksi ja sama ilmiö voi kuulua myös useampaan kuin

yhteen nelikentän osioon eli se voi olla vahvuus ja heikkous samaan aikaan riippuen tarkasteltavasta näkökulmasta tai toimijasta. SWOT-analyysissä vahvuudet ja heikkoudet kytkeytyvät yleensä tarkasteltavien ilmiöiden sisäisiin ominaisuuksiin, kun taas mahdollisuudet ja uhat edustavat puolestaan ulkoisia tekijöitä.

SWOT-analyysissä kirjataan ylös analysoidun asian:

<b>VAHVUUDET</b>	<b>HEIKKOUEDET</b>
<b>MAHDOLLISUUDET</b>	<b>UHAT</b>

SWOT-analyysissä nelikentän yläosa kuvaa nykytilaa ja "sisäisiä" asioita. Ala-osassa on tulevaisuus ja "ulkoiset" asiat. Vasemmalla ovat myönteiset ja oikealla kielteiset asiat. Tämän jälkeen SWOT-analyysiä voidaan jatkaa miettimällä ratkaisuja näihin neljään kenttään löydettyihin asioihin. Miten mahdollisuudet hyödynnetään vahvuuksien avulla, miten heikkouksista pyritään eroon, miten uhat torjutaan tai väistellään?

Lietelannan käsittelyketjujen SWOT-analyysissä tarkastellaan menetelmien vahvuuksia, heikkouksia, mahdollisuuksia ja uhkia ensisijaisesti ympäristö- ja laatu-näkökulmista. Käsittelymenetelmien laatutekijöitä ovat esimerkiksi mikrobit, lannan ravinteiden hyödynnettävyys, tekniset haasteet ja työmäärä ja sen jakautuminen. Ympäristötekijöitä ovat päästöt ilmaan ja veteen.

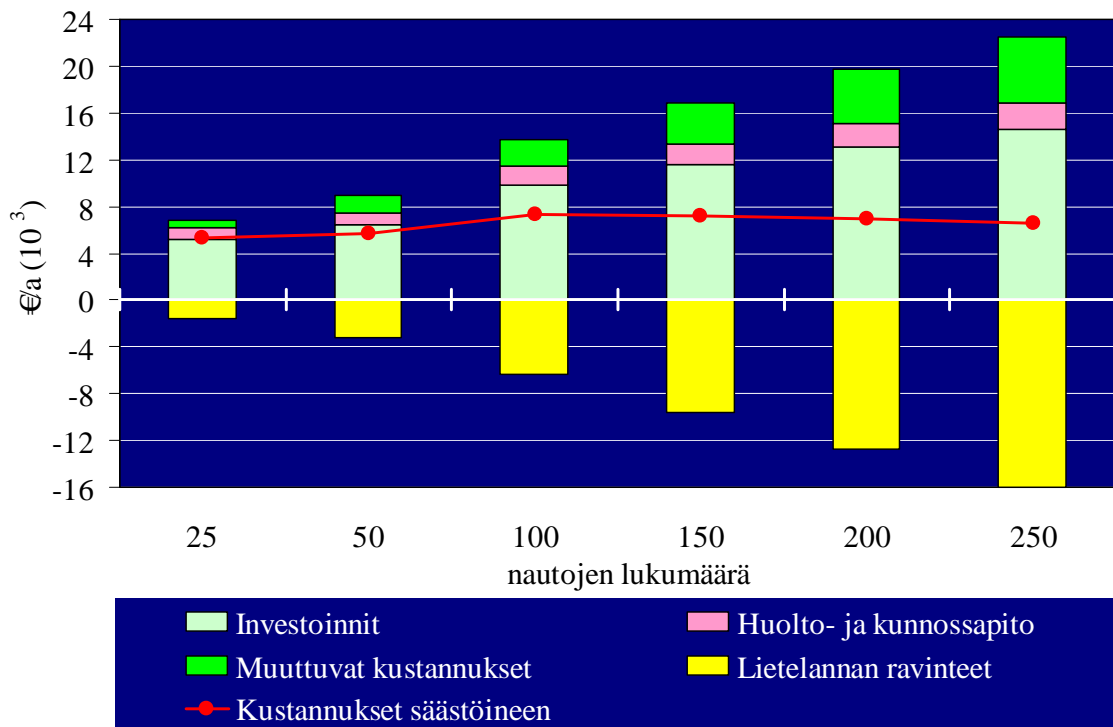
### **6.3 Lietelantaketjun kustannukset ja SWOT-analyysi**

Lietelantaketjun kustannukset on esitetty taulukossa 12 ja graafisesti kuvissa 39 ja 40. Kokonaiskustannuksia vähentävä lannan ravinteiden arvo on laskettu ravinteiden määrästä ravinnehävikkien jälkeen. Ravinnehävikin on arvioitu tyyppelle olevan varastointivaiheessa 1

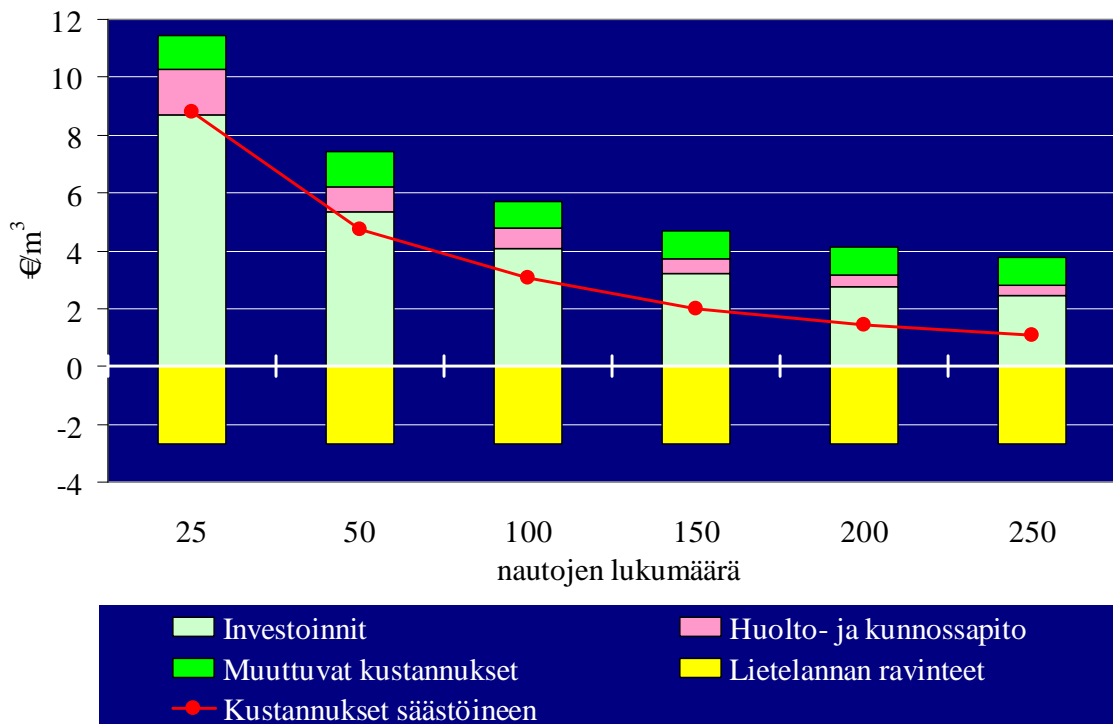
% ja levitysvaiheessa 40 %. Levitysvaiheessa fosforin ja kaliumin ravinnehävikki on arvioitu olevan 1 %. Lannan arvoksi lietelantamenetelmässä saadaan 2,66 €/m<sup>3</sup>.

**Taulukko 12.** Lietelantaketjun kustannukset.

<b>Nautojen lukumäärä</b>	<b>25</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>150</b>	<b>200</b>	<b>250</b>
<b>Lantamäärä [m<sup>3</sup>/a]</b>	<b>600</b>	<b>1 200</b>	<b>2 400</b>	<b>3 600</b>	<b>4 800</b>	<b>6 000</b>
Investointi [€a]	5 227	6 404	9 837	11 537	13 112	14 583
Lietelantasäiliö ja kate [€a]	1 949	3 125	5 046	6 746	8 322	9 792
Lannan levityskalusto [€a]	3 279	3 279	4 790	4 790	4 790	4 790
Huolto- ja kunnossapito [€a]	923	1 070	1 623	1 835	2 032	2 215
Lietelantasäiliö [€a]	243	389	629	841	1 037	1 220
Lannan levityskalusto [€a]	681	681	994	994	994	994
Muuttuvat kustannukset [€a]	712	1 423	2 284	3 426	4 568	5 711
Traktoriyö [€a]	381	762	1 233	1 850	2 466	3 083
Ihmistyö [€a]	331	661	1 051	1 576	2 102	2 627
Kustannukset [€a]	6 862	8 897	13 744	16 798	19 712	22 508
Ravinteiden arvo [€a]	1 595	3 191	6 381	9 572	12 762	15 953
Kustannus säästöineen [€a]	5 267	5 706	7 363	7 226	6 950	6 555
Kustannus säästöineen [€/m <sup>3</sup> ]	8,78	4,76	3,07	2,01	1,45	1,09



**Kuva 39.** Lietelantaketjun vuotuiset kustannukset. Keltainen palkki osoittaa lannan ravinteista aiheutuvan kustannusvähennyksen.



**Kuva 40.** Lietelantaketjun yksikkökustannukset. Keltainen palkki osoittaa lannan ravinteista aiheutuvan kustannusvähennyksen.

Kuten taulukosta 12 ja kuvasta 39 nähdään, investointikustannukset muodostavat merkittävimmän osan (65 – 76 %) kaikista lietelantaketjun kustannuksista. Lantamäärän kasvaessa investointikustannusten osuus kustannuksista kuitenkin laskee. Katetun lietelantasäiliön investoinnista aiheutuva kustannus on 28 – 44 % kustannuksista osuuden noustessa lantamäärän kasvaessa. Vastaavasti levityskaluston osuus kustannuksista on 21 – 48 % ja sen osuus laskee lantamäärän kasvaessa. Muuttuvat kustannukset eli ihmis- ja traktorityö muodostavat 10 – 25 % kustannuksista ja niiden osuus kasvaa lantamäärän kasvaessa. Lannan rahallinen arvo vähentää kustannuksia 23 – 71 %.

Lietelantaketjun vaikutuksia maidon tuotantokustannuksiin voidaan arvioida vuoden 1998 tietojen perusteella. Jos maidon tuotantokustannukset ovat esimerkiksi 20 % suuremmat kuin vuonna 1998 (ks. taulukot 1 ja 2), saadaan maidon tuotantokustannuksiksi sekä lannankäsittelyllä että ilman taulukon 13 mukaiset arvot. Maidon tuotantokustannuksina on käytetty intensiivisen maidontuotantotilan kustannuksia. Lietelantaketjun kustannukset taulukossa 13 oleville eläinmäärille on arvioitu taulukossa 12 esitetyistä luvuista.

**Taulukko 13.** Lietelantaketjun vaikutus maidon tuotantokustannukseen.

<b>Nautojen lukumäärä</b>	<b>32</b>	<b>64</b>	<b>96</b>	<b>128</b>
<b>Tuotettu maitomäärä [l/a]</b>	<b>235 684</b>	<b>471 367</b>	<b>707 051</b>	<b>942 735</b>
Tuotantokustannus ilman lannankäsittelyä [€/l]	0,48	0,43	0,41	0,40
Tuotantokustannus lietelantajärjestelmällä [€/l]	0,50	0,44	0,42	0,41
<b>Tuotantokustannuksen nousu [%]</b>	<b>4,7</b>	<b>2,8</b>	<b>2,5</b>	<b>1,9</b>

Lietelantamenetelmän vaikutuksia tilan työmäärään voidaan arvioida vuoden 1998 tietojen perusteella. Taulukossa 14 on esitetty tilan työmäärä sekä lannankäsittelyllä että ilman. Taulukosta nähdään myös kuinka paljon tilan kokonaistyöaika kasvaa lietelantajärjestelmällä.

**Taulukko 14.** Lietelantaketjun aiheuttama työmäärä ja sen vaikutus tilan koko työmäärään.

<b>Nautojen lukumäärä</b>	<b>32</b>	<b>64</b>	<b>96</b>	<b>128</b>
Työmäärä ilman lannankäsittelyä [h/a]	3 610	5 804	7 834	9 988
Lietelantajärjestelmän työmäärä [h/a]	31	57	76	100
<b>Tilan työmäärä yhteensä [h/a]</b>	<b>3 641</b>	<b>5 861</b>	<b>7 910</b>	<b>10 088</b>
<b>Työmäärän kasvu [%]</b>	<b>0,86</b>	<b>0,98</b>	<b>0,97</b>	<b>1,00</b>

Lietelantamenetelmän SWOT-analyysi on esitetty taulukossa 15.

**Taulukko 15.** Lietelantamenetelmän SWOT-analyysi

<b>VAHVUUDET</b>	<b>HEIKKOUEDET</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• yksinkertainen menetelmä</li> <li>• pitkä levitysaika tasaa tilan työhuippuja ja siten levitys mahdollista kun pellot ovat kantavia</li> <li>• letkulevitys on tarkka ja melko nopea menetelmä</li> <li>• letkulevitys ei vahingoita kasvustoa, jolloin se hyödyntää ravinteet paremmin</li> <li>• katteen ansiosta varastoinnin aikainen typen hävikki (typpipäästö) vähäinen</li> <li>• levityksen aikainen typen hävikki (typpipäästö) vähäinen silloin kun levitys tapahtuu kasvustoon</li> <li>• letkulevityksen ansiosta ravinteiden huuhtoutumisriski pienenee</li> <li>• letkulevitys pienentää mikrobeista aiheutuvaa riskiä</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ketjun aikana lannan määrä ei vähene</li> <li>• lannan levitykseen soveltuvaa ajankohtaa joudutaan käyttämään lannan kuljettamiseen</li> <li>• lannan ravinteiden ja kasvien ravinnetarpeiden yhteensovittaminen haasteellista orgaanisen typen vuoksi</li> <li>• mullokselle levitettynä typen (ammoniakkina) hävikki huomattava</li> <li>• levityksen jälkeen typpeä karkaa ilmaan suoraan, mutta myös denitrifikaation tai nitrifikaation seurauksena</li> <li>• käsittelemätön lanta aiheuttaa hajuhaittoja</li> <li>• haitalliset mikrobit eivät tuhoudu</li> </ul>
<b>MAHDOLLISUUDET</b>	<b>UHAT</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• lannankäsittelyn ulkoistaminen</li> <li>• lannan luovutus luovutus sopimusten puitteissa</li> <li>• etäsäiliön rakentaminen ja siten levityksajanjakson hyödyntäminen tehokkaasti</li> </ul> <p>haitallisten mikrobien tuhoaminen (esim. ilmastamalla tai pH:ta nostamalla)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kustannusten kasvu ja tuottajahinnan lasku</li> <li>• levityskelpoisen peltoalan väheneminen</li> <li>• pellon fosforitason nousu</li> <li>• levityksajanjakson lyheneminen</li> <li>• haitallisten mikrobien leviäminen levityskaluston mukana</li> <li>• lainsäädännön kiristyminen (esimerkiksi lannan hygienisointivaatimus, levityksajan rajoittaminen)</li> </ul>

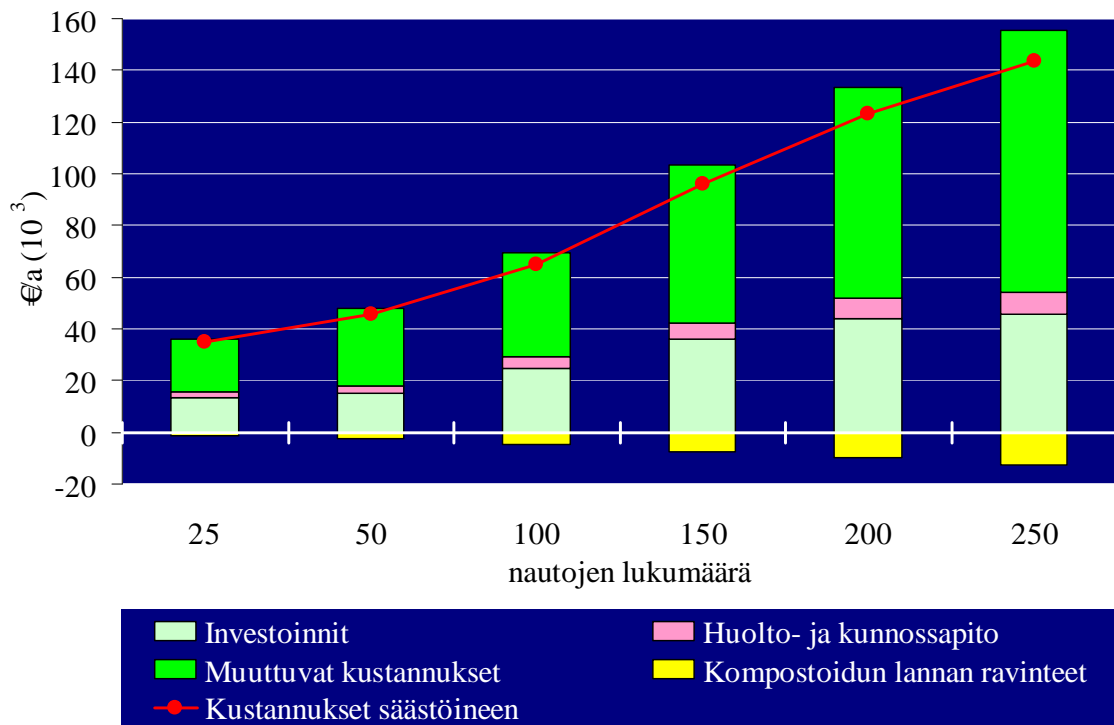


## 6.4 Kompostointiketjun kustannukset ja SWOT-analyysi

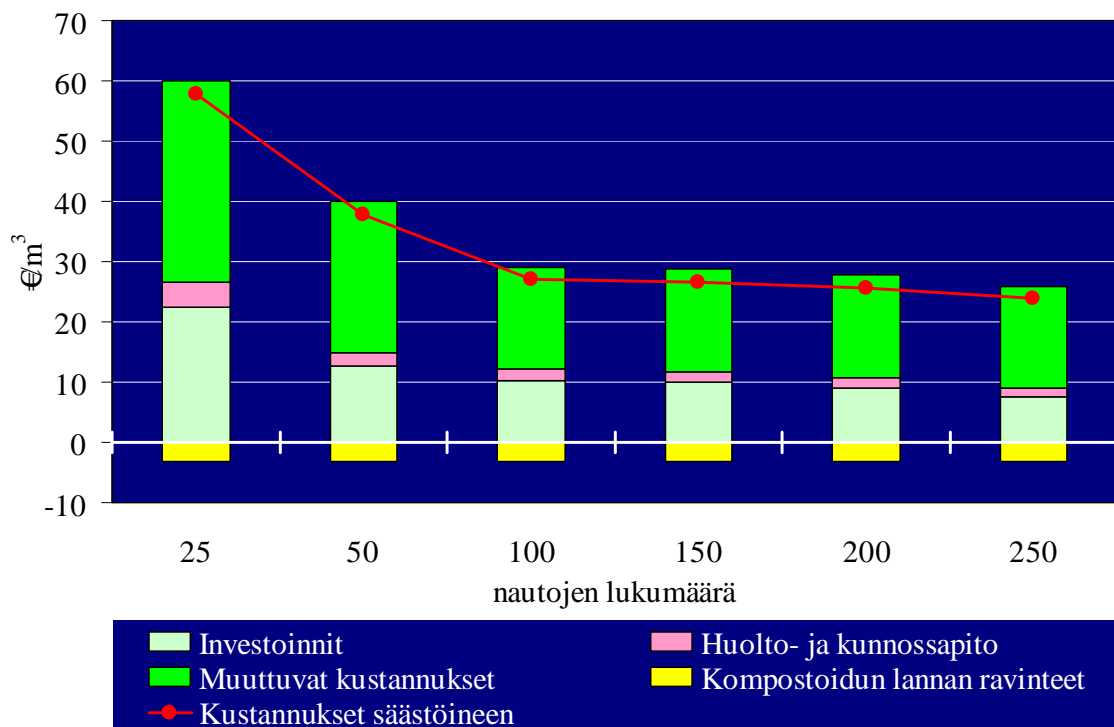
Kompostoinnin kustannukset on esitetty taulukossa 16 ja graafisesti kuvissa 41 ja 42. Kokonaiskustannuksia vähentävä lannan ravinteiden arvo on laskettu ravinteiden määrästä ravinnehävikkien jälkeen. Ravinnehävikki typelle on koko ketjun aikana 60 %. Kompostoidusta lannan tpestä 90 % on orgaanisessa ja 10 % liukoisessa muodossa. Levitysvaiheessa fosforin ja kaliumin ravinnehävikki on 1 %. Kompostoidun lannan arvoksi saadaan 3 €/m<sup>3</sup>.

**Taulukko 16.** Kompostointiketjun kustannukset

<b>Nautojen lukumäärä</b>	<b>25</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>150</b>	<b>200</b>	<b>250</b>
<b>lantamäärä [m<sup>3</sup>/a]</b>	<b>600</b>	<b>1 200</b>	<b>2 400</b>	<b>3 600</b>	<b>4 800</b>	<b>6 000</b>
Investointi [€a]	13 416	15 087	24 503	35 761	43 807	45 450
Rumpukompostori rakennuksineen [€a]	11 183	12 624	20 931	31 730	39 318	40 503
Levityskalusto [€a]	1 975	1 975	2 627	2 627	2 627	2 627
Kompostin välivarasto	258	488	946	1 404	1 862	2 320
Huolto- ja kunnossapito [€a]	2 497	2 825	4 597	6 621	8 117	8 420
Rumpukompostori rakennuksineen [€a]	2 055	2 354	3 934	5 901	7 340	7 586
Levityskalusto [€a]	410	410	545	545	545	545
Kompostin välivarasto	32	61	118	175	232	289
Muuttuvat kustannukset [€a]	20 064	29 987	40 609	60 911	81 219	101 850
Traktorityö [€a]	6 700	8 107	5 350	8 024	10 699	13 374
Ihmistyö [€a]	6 238	7 548	6 601	9 901	13 201	16 826
Sähkö [€a]	457	994	1 982	2 970	3 964	4 958
Turvekate [€a]	909	1 818	3 637	5 455	7 274	9 092
Tukiaine [€a]	5 760	11 520	23 040	34 560	46 080	57 600
Kustannus yhteensä [€a]	35 977	47 899	69 710	103 294	133 143	155 721
Ravinteiden arvo [€a]	1 240	2 480	4 961	7 441	9 921	12 402
Kustannus säästöineen [€a]	34 737	45 418	64 749	95 852	123 222	143 319
Kustannus säästöineen [€/m <sup>3</sup> ]	58	38	27	27	26	24



**Kuva 41.** Kompostointiketjun vuotuiset kustannukset. Keltainen palkki osoittaa ravinteista aiheutuvan kustannusvähennyksen.



**Kuva 42.** Kompostointiketjun kustannukset tuotettua lantakuutiota kohden. Keltainen palkki osoittaa kompostoidun lannan ravinteista aiheutuvan kustannusvähennyksen.

Kompostointiketjussa muuttuvat kustannukset muodostavat suurimman osan (56 – 65 %) kustannuksista ja niiden osuus kustannuksista kasvaa lantamäärän kasvaessa. Pienemmissä yksiköissä traktori- ja ihmistyön osuus on huomattava (33 – 36 %), sillä niissä ei ole käytössä automaattista tukiaineen syöttöä. Lantamäärän kasvaessa traktori- ja ihmistyön osuus kustannuksista laskee ja vastaavasti tukiainekustannuksen osuus kasvaa. Yli 100 naudan yksiköissä tukiainekustannus nousee merkittävimmäksi kustannukseksi ollen 33 – 37 % kaikista kustannuksista. Pienemmissä yksiköissäkin tukiaineen osuus kustannuksista on melko suuri ollen 16 – 24 % kustannuksista. Kompostoinnin sähkön kulutus on erittäin vähäinen ja sen osuus kaikista kustannuksista on vain 1 – 3 %.

Investointien osuus kustannuksista on 29 – 37 % ja se laskee lantamäärän kasvaessa. Investointikustannuksista merkittävin on kompostorin ja siihen tarvittavan rakennuksen investointi. Näiden osuus kustannuksista on 26 – 31 % ja se laskee lantamäärän kasvaessa. Levityskaluston osuus kustannuksista on 5 % tai sen alle. Kompostoidun lannan arvo vähentää kokonaiskustannuksia 3 – 8 %.

Kompostointiketjun kustannusten vaikutusta maidon tuotantokustannuksiin voidaan arvioida samoin kuin lietelantaketjun kustannuksiakin. Taulukossa 17 on esitetty maidon tuotantokustannukset silloin kun lannankäsittelyjärjestelmä koostuu kompostointiketjusta.

**Taulukko 17.** Kompostointiketjun vaikutus maidon tuotantokustannuksiin.

<b>Nautojen lukumäärä</b>	<b>32</b>	<b>64</b>	<b>96</b>	<b>128</b>
<b>Tuotettu maitomäärä [l/a]</b>	<b>235 684</b>	<b>471 367</b>	<b>707 051</b>	<b>942 735</b>
Kustannus ilman lannankäsittelyä [€/l]	0,48	0,43	0,41	0,40
Kustannus kompostointiketjulla [€/l]	0,64	0,54	0,50	0,49
Tuotantokustannuksen nousu [%]	33	25	22	22

Kompostointiketjun vaikutus tilan työmääriin voidaan arvioida samoin kuin lietelantaketjussa. Taulukossa 18 on esitetty tilan työmäärä ilman lannankäsittelyä ja kompostointiketjun vaatima työaika. Lisäksi taulukossa on esitetty myös kompostointiketjun vaikutus koko tilan työmäärään.

**Taulukko 18.** Kompostointiketjun työmäärä ja sen vaikutus koko tilan työmäärään.

<b>Nautojen lukumäärä</b>	<b>32</b>	<b>64</b>	<b>96</b>	<b>128</b>
Työmäärä ilman lannankäsittelyä [h/a]	3 610	5 804	7 834	9 988
Kompostointiketjun työmäärä [h/a]	489	539	495	626
Tilan työmäärä yhteensä [h/a]	4 099	6 343	8 329	10 614
Työmäärän kasvu [%]	14	9	6	6

Kompostointiketjun SWOT-analyysi on esitetty taulukossa 19.

**Taulukko 19.** Kompostointiketjun SWOT-analyysi

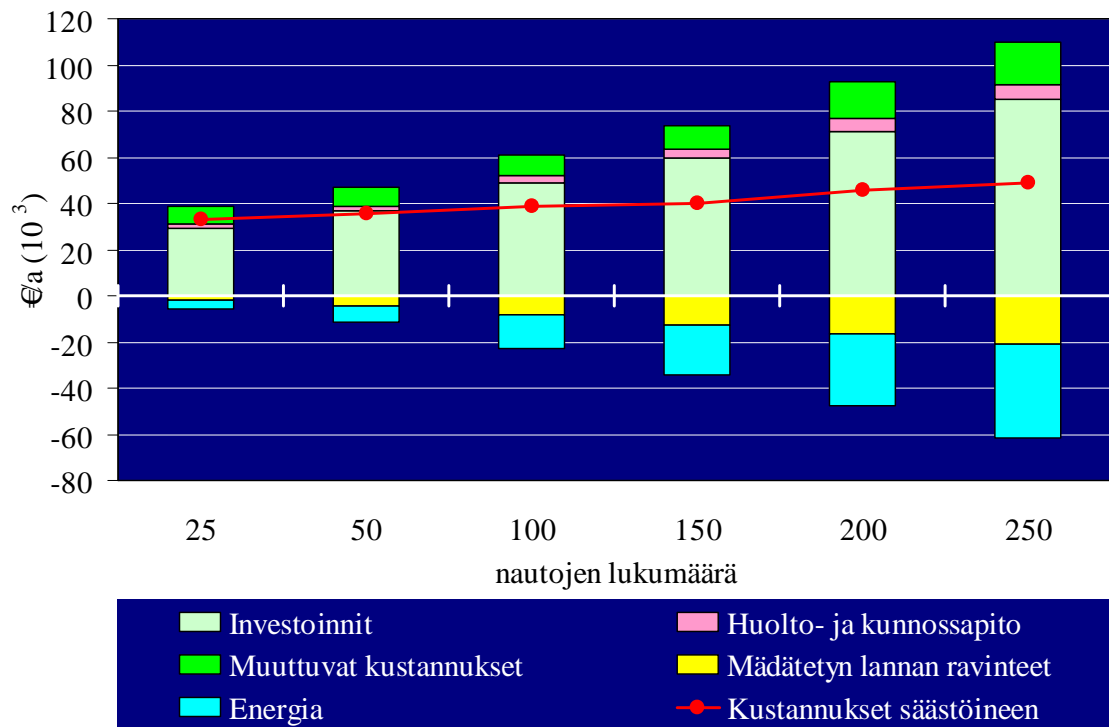
<b>VAHVUUDET</b>	<b>HEIKKOUEDET</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• vähentää hieman lannan tilavuutta, jolloin lannan kuljetus- ja levityskustannukset pienenevät</li> <li>• lannan levitykseen käytettävä ajankohta käytettävissä levitykseen melko tehokkaasti</li> <li>• lannankäsittelyn metaanipäästö vähenee 70 % perinteiseen verrattuna</li> <li>• lanta muuttuu ulkonäöltään ja hajultaan multamaiseksi</li> <li>• lantakompostilla hyvä maanparannusvaikutus</li> <li>• kompostilannan ansiosta ravinteiden huuhtoutuminen maasta vähenee</li> <li>• mikrobit tuhoutuvat, mikäli lämpötila kompostoinnin aikana nousee riittävän korkealle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• suuret investointi- ja tukiainekustannukset</li> <li>• menetelmässä ei lietemäiselle lannalle ollenkaan varastosäiliötä, jota saatetaan tarvita esimerkiksi häiriöiden sattuessa</li> <li>• tilan kokonaistyöaika kasvaa</li> <li>• kompostointiprosessi on häiriöaltis</li> <li>• jäisen aineksen lisääminen kompostoriin hidastaa kompostoitumista</li> <li>• tekniikka herkkä rikkoutumiselle ja jäätymiselle</li> <li>• lantakompostin ravinteiden ja kasvien ravinnetarpeiden yhteensovittaminen haasteellista</li> <li>• pitkä kompostointiaika lisää typen stabiilisuutta ja siten typen saatavuutta kasveille</li> <li>• typen hävikki (typpipäästö ilmaan) ketjun aikana merkittävä</li> <li>• typen hävikin kompensoimiseksi joudutaan vastaavasti lisäämään lannoitetyypeä</li> <li>• kompostoinnissa lämpötilan nousu riittävälle tasolle epävarmaa, joten mikrobit eivät välttämättä tuhoutu</li> </ul>
<b>MAHDOLLISUUDET</b>	<b>UHAT</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• lisätulot mahdollisia lantakompostin myynnistä</li> <li>• kompostoinnin aikana syntyvä lämpöenergia hyödynnettävissä tehokkaammin</li> <li>• lannan hygieniavaatimusten kiristyminen, jolloin hyvin toimiva kompostointiprosessi tehokas tapa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• tukiaineen kallistuminen</li> <li>• lainsäädännön kiristyminen (esimerkiksi erillinen hygienisointiyksikkö)</li> <li>• levityskelpoisen peltopinta-alan väheneminen siten, ettei edes kompostointi riitä pienentämään lannan määrää</li> </ul>

## 6.5 Mädätysketjun kustannukset ja SWOT-analyysi

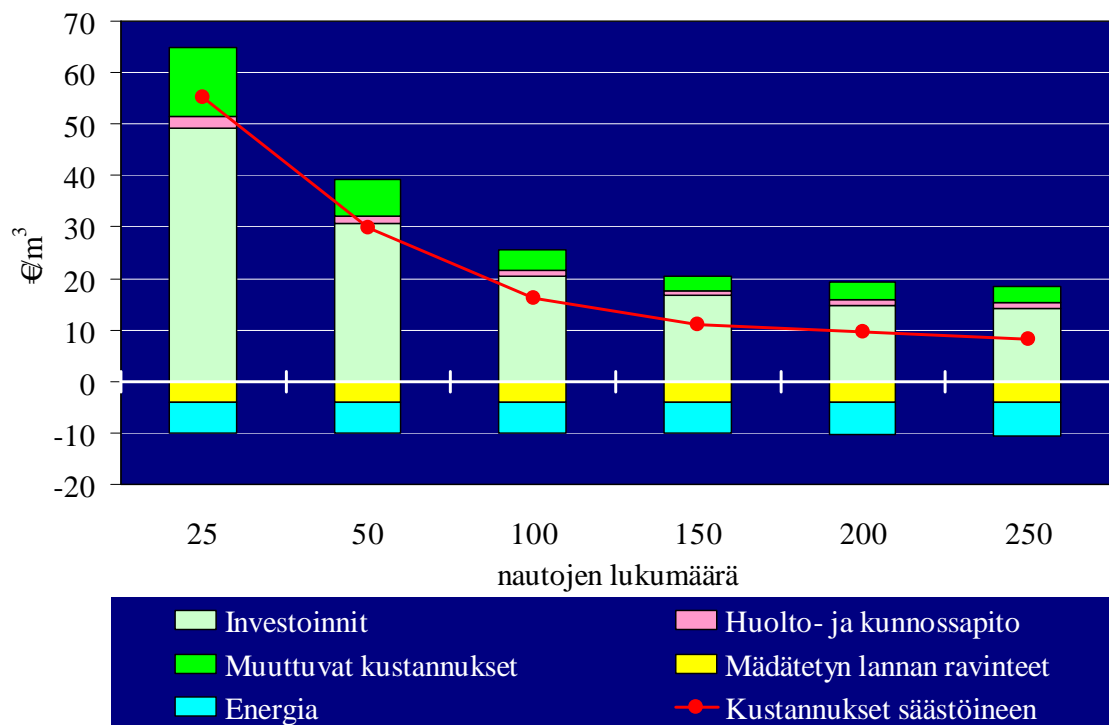
Mädätysketjun kustannukset on esitetty taulukossa 20 ja graafisesti kuvissa 43 ja 44. Mädätysketjun SWOT-analyysi on esitetty taulukossa 23. Kokonaiskustannuksia vähentävä lannan ravinteiden arvo on laskettu ravinteiden määrästä ravinnehävikkien jälkeen. Ravinnehävikki typelle on varastointivaiheessa 1 % ja levitysvaiheessa 10 %. Levitysvaiheessa fosforin ja kaliumin ravinnehävikki on 1 %. Mädätetyn lietelannan arvoksi saadaan 4 €/m<sup>3</sup>. Mädätyksestä saatavan energian arvoksi saadaan 25 – 150 naudan tiloilla 6 €/tuotettu lantakuutio, 200 naudan tilalla 6,38 €/tuotettu lantakuutio ja 250 naudan tilalla 6,73 €/tuotettu lantakuutio.

**Taulukko 20.** Mädätysketjun kustannukset

<b>Nautojen lukumäärä</b>	<b>25</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>150</b>	<b>200</b>	<b>250</b>
<b>lantamäärä [m<sup>3</sup>/a]</b>	<b>600</b>	<b>1 200</b>	<b>2 400</b>	<b>3 600</b>	<b>4 800</b>	<b>6 000</b>
Investointi [€a]	29 501	36 679	48 954	59 844	71 393	84 875
Mädätysjärjestelmä [€a]	24 751	31 170	40 783	50 741	61 478	74 226
Lietelantasäiliö [€a]	1 472	2 231	3 381	4 312	5 125	5 859
Levityskalusto [€a]	3 279	3 279	4 790	4 790	4 790	4 790
Huolto- ja kunnossapito [€a]	1 352	1 793	2 918	3 704	5 246	6 613
Mädätysjärjestelmä [€a]	488	834	1 502	2 172	3 613	4 889
Lietelantasäiliö [€a]	183	278	421	537	639	730
Levityskalusto [€a]	681	681	994	994	994	994
Muuttuvat kustannukset [€a]	8 016	8 641	9 397	10 400	16 284	18 508
Traktoriyö [€a]	335	669	1 083	1 624	2 166	2 707
Ihmistyö [€a]	7 681	7 972	8 314	8 775	9 237	9 698
Apupolttoaine [€a]	0	0	0	0	4 882	6 103
<b>Kustannus yhteensä [€a]</b>	<b>38 870</b>	<b>47 113</b>	<b>61 268</b>	<b>73 948</b>	<b>92 924</b>	<b>109 996</b>
Ravinteiden arvo [€a]	2 093	4 187	8 375	12 563	16 751	20 939
Energian arvo [€a]	3 599	7 199	14 398	21 596	30 619	40 375
<b>Kustannus säästöineen [€a]</b>	<b>33 177</b>	<b>35 727</b>	<b>38 495</b>	<b>39 788</b>	<b>45 554</b>	<b>48 682</b>
<b>Kustannus säästöineen [€/m<sup>3</sup>]</b>	<b>55,29</b>	<b>29,77</b>	<b>16,04</b>	<b>11,05</b>	<b>9,49</b>	<b>8,11</b>



**Kuva 43.** Mädätysketjun vuotuiset kustannukset. Keltainen palkki osoittaa ravinteista ja turkoosi palkki energiasta saatavan vähennyksen.



**Kuva 44.** Mädätysketjun kustannukset tuotettua lantakuutiota kohden. Keltainen palkki osoittaa ravinteista ja turkoosi palkki energiasta saatavan vähennyksen.

Merkittävin osa koko mädätysketjun kustannuksista aiheutuu investointikustannuksista. Etenkin mädätysjärjestelmän (fermenttorit ja energiantuotantoyksikkö) kustannukset ovat huomattavia ollen noin 65 % kokonaiskustannuksista. Lietelantavaraston osuus on vain 4 – 6 % ja levityskaluston osuus vain 4 – 8 % kokonaiskustannuksista.

Muuttuvien kustannusten osuus kokonaiskustannuksista on 14 – 21 %. Ihmistyön osuus muuttuvista kustannuksista on merkittävin ja toiseksi merkittävin kaikista kustannuksista (9 – 20 %).

Mädätysketjun kustannusten vaikutusta maidon tuotantokustannukseen voidaan arvioida kuten aiemmissakin tapauksissa. Taulukossa 21 on esitetty maidon tuotantokustannukset silloin kun lannankäsittelyjärjestelmä koostuu lietelannan mädätyksestä, mädätetyn lannan kuljetuksesta ja levityksestä.

**Taulukko 21.** Maidon tuotantokustannus tiloilla, joissa lannankäsittely käsittää mädätysketjun.

<b>Nautojen lukumäärä</b>	<b>32</b>	<b>64</b>	<b>96</b>	<b>128</b>
<b>Tuotettu maitomäärä [l/a]</b>	<b>235 684</b>	<b>471 367</b>	<b>707 051</b>	<b>942 735</b>
Kustannus ilman lannankäsittelyä [€/l]	0,48	0,43	0,41	0,40
Kustannus mädätyksellä [€/l]	0,63	0,51	0,47	0,44
Tuotantokustannuksen nousu [%]	30	18	13	10

Mädätysketjun vaikutus tilan työmäärään voidaan arvioida kuten aiemmin. Taulukossa 22 on esitetty tilan työmäärä ilman lannankäsittelyä ja mädätysketjun vaatima työaika. Lisäksi taulukossa on esitetty myös mädätysketjun vaikutus koko tilan työmäärään.

**Taulukko 22.** Mädätysketjun työmäärä ja sen vaikutus koko tilan työmäärään.

<b>Nautojen lukumäärä</b>	<b>32</b>	<b>64</b>	<b>96</b>	<b>128</b>
Työmäärä ilman lannankäsittelyä [h/a]	3 610	5 804	7 834	9 988
Mädätysketjun työmäärä [h/a]	575	597	614	635
Tilan työmäärä yhteensä [h/a]	4 185	6 401	8 448	10 623
Työmäärän kasvu [%]	16	10	8	6

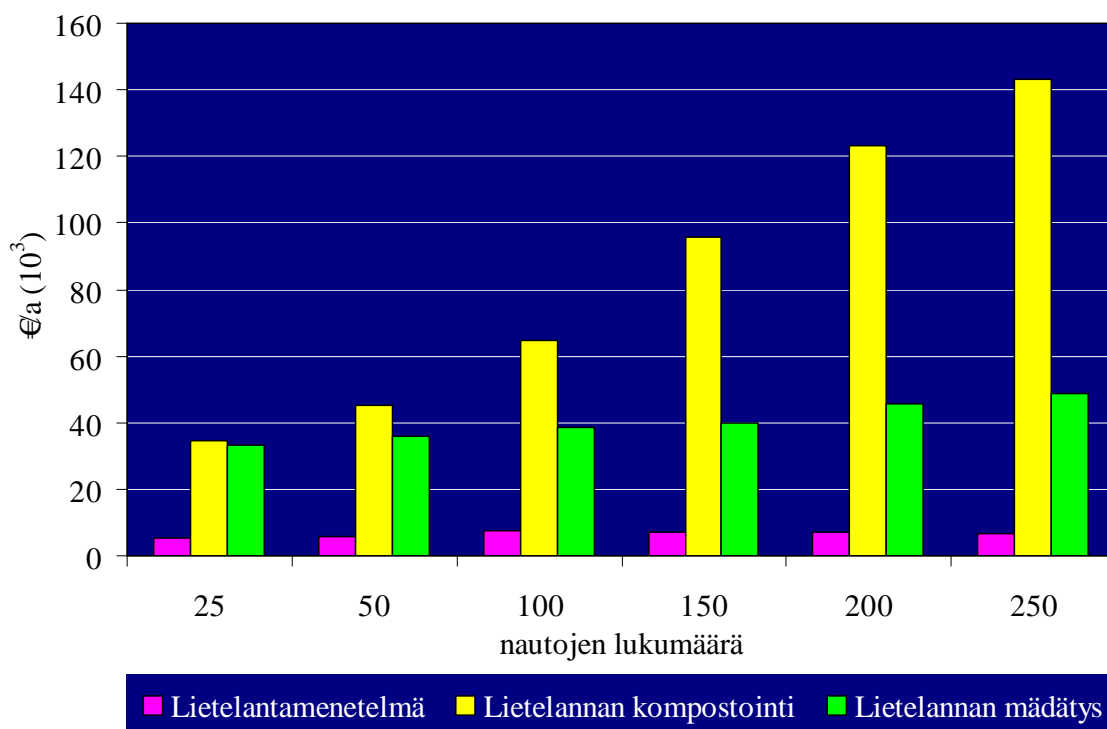


**Taulukko 23.** Mädätysketjun SWOT-analyysi.

<b>VAHVUUDET</b>	<b>HEIKKOUEDET</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• käytettävissä pitkä levitysajanjakso, mikä tasaa tilan työhuippuja</li> <li>• letkulevitys on tarkka ja melko nopea menetelmä</li> <li>• letkulevitys ei vahingoita kasvustoa</li> <li>• lanta homogenisoituu, kuiva-ainepitoisuus laskee ja viskositeetti paranee</li> <li>• lannan pH nousee, jolloin kalkitustarve pienenee</li> <li>• lannan fytotoksisten yhdisteiden määrä vähenee</li> <li>• lannan ravinteet muuttuvat osittain liukoiseen muotoon</li> <li>• varastoinnin aikainen typpihävikki erittäin pieni</li> <li>• typpipäästöt pellolta pienenevät huomattavasti</li> <li>• lannankäsittelyn metaanipäästö pienenee merkittävästi ja kasvihuonekaasupäästöt vähenevät välillisesti</li> <li>• hajuongelmat pienenevät</li> <li>• mädätetyn lannan BOD<sub>7</sub>- ja COD-kuormat vähemmän haitallisia</li> <li>• letkulevitys vähentää mikrobeista aiheutuvaa riskiä</li> <li>• mädätysjärjestelmän modulierakenteen ansiosta yhden modulin ongelmat eivät vaikuta toisiin moduleihin</li> <li>• lantamäärän kasvaessa lisätään vain tarvittava määrä moduleita</li> <li>• tila toimii osaksi itse tuottamallaan energialla</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• tekniikka altista rikkoutumiselle</li> <li>• mädätyksen aikana liete voi alkaa vaahdota, jolloin se ”kiehuu yli”</li> <li>• anaerobinen prosessi voi häiriintyä esimerkiksi liiallisen ammoniakkin vuoksi</li> <li>• mädätyksessä syntyvässä biokaasussa voi olla epäpuhtauksia (ammoniakki, rikkivety)</li> <li>• työn määrä lietelantamenetelmään verrattuna kasvaa</li> <li>• lannan levitykseen soveltuvaa ajankohtaa joudutaan käyttämään lannan kuljettamiseen</li> <li>• pH nousu lisää ammoniakkin haihtumisen riskiä</li> <li>• paljaalle pellolle levitettäessä typen (ammoniakki) hävikki voi olla jopa 30 %</li> <li>• mesofiilinen anaerobiprosessi ei välttämättä tuhoa haitallisia mikrobeja</li> </ul>
<b>MAHDOLLISUUDET</b>	<b>UHAT</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• lainsäädännön muuttuminen: uusiutuvien energialähteiden tuet</li> <li>• biokaasusta saatava energia voidaan myydä</li> <li>• biokaasua ajoneuvojen polttoaineena</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• levityskelpoisen peltoalan väheneminen, pellon fosforitason nousu</li> <li>• haitallisten mikrobien leviäminen</li> <li>• lainsäädännön kiristyminen</li> </ul>

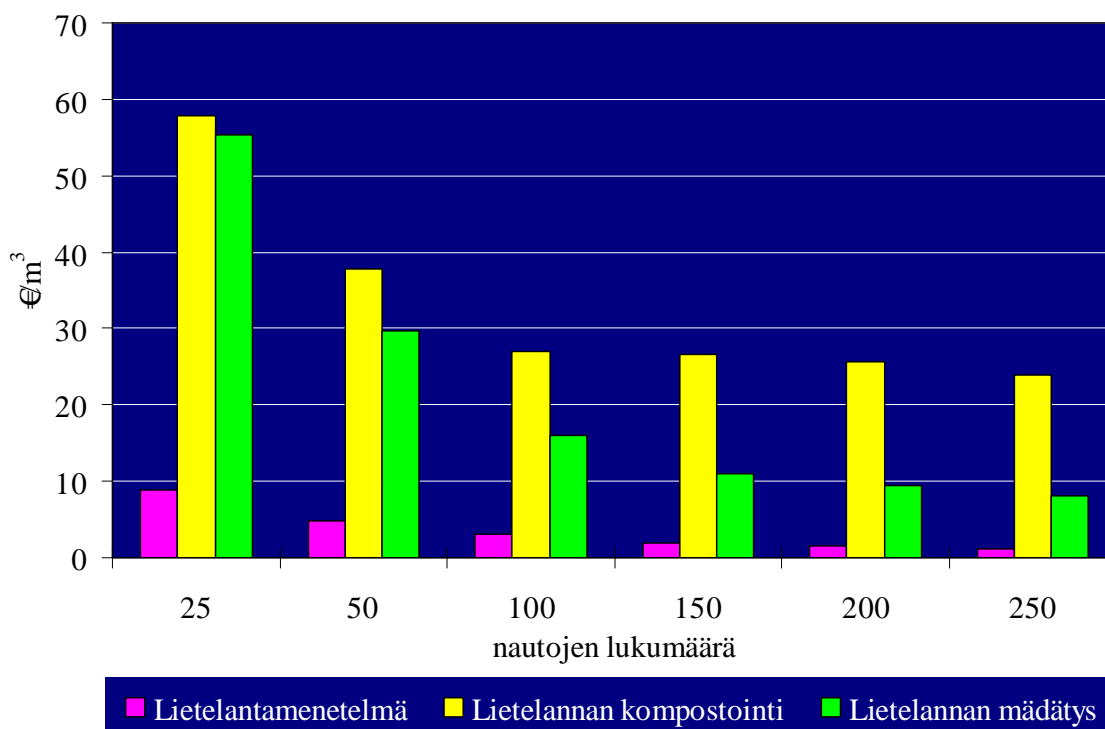
## 6.6 Kooste kustannuslaskennan tuloksista

Kuvissa 45 ja 46 on esitetty lietelanta-, kompostointi- ja mädätysketjun kustannukset. Kuvassa 45 tarkastellaan vuotuisia kustannuksia säästöineen ja kuvassa 46 on esitetty käsittelyketjujen yksikkökustannukset.



**Kuva 45.** Lietelanta-, kompostointi- ja mädätysketjun vuotuiset kustannukset säästöineen.

Kuten kuvasta 45 nähdään kaikissa tilakokoluokissa kompostointiketjun vuotuiset kustannukset säästöineen ovat suurimmat ja lietelantaketjun pienimmät. Mädätysketjun kustannukset säästöineen ovat 25 ja 50 naudan tilalla samaa suuruusluokkaa kuin kompostointiketjulla, mutta nautojen lukumäärän ollessa 100 on kompostointiketjun kustannukset lähes kaksinkertaiset mädätysketjun kustannuksiin verrattuna. Kokoluokassa 150 nautaa kompostointiketjun kustannukset säästöineen ovat 2,5-kertaiset ja kokoluokassa 200 ja 250 nautaa kustannukset ovat jo lähes kolminkertaiset mädätysketjuun verrattuna. Lietelantaketjuun verrattuna kompostointiketjun kustannukset säästöineen ovat alle 100 naudan tilalla lähes kymmenkertaiset ja 250 naudan tilalla jopa 22-kertaiset. Mädätysketjun kustannukset ovat keskimäärin kuusinkertaiset lietelantaketjuun verrattuna.



**Kuva 46.** Lietelanta-, kompostointi- ja mädätysketjun yksikkökustannukset säästöineen.

Edellä olevasta kuvasta (kuva 46) nähdään, että lietelantaketjun kustannukset säästöineen ovat tuotettua lantakuutiota kohden edullisimmat vaihdellen noin yhdeksästä yhteen euroa per tuotettu lantakuutio. Mädätysketjun ja kompostointiketjun kustannukset tuotettua lantakuutiota kohden ovatkin jo huomattavasti suuremmat, tosin mädätysketjulla hieman alhaisemmat kuin kompostointiketjulla. Mädätysketjun kustannuksen vaihtelevat välillä 8 – 55 euroa per tuotettu lantakuutio ja kompostointiketjulla 24 – 58 euroa per tuotettu lantakuutio. Lähelle kymmentä euroa päästään mädätysketjussa vasta nautojen lukumäärän ollessa 150.

Verrattaessa ainoastaan investointikustannuksia toisiinsa huomataan, että kaikissa kokoluokissa mädätysketjun kustannukset ovat korkeimmat ja lietelantaketjussa pienimmät. Mädätysketjun investointikustannukset ovat keskimäärin kaksinkertaiset kompostointiketjun investointikustannuksiin verrattuna ja lähes kuusinkertaiset lietelantaketjun investointikustannuksiin verrattuna. Huolto- ja kunnossapidon kustannusten osalta kompostointiketjun kustannukset ovat suurimmat ja lietelantaketjun pienimmät.

Muuttuvien kustannusten osalta kompostointiketjun kustannukset ovat suurimmat. Pienimmät muuttuvat kustannukset on lietelantaketjulla. Kompostointiketjun muuttuvat kustannukset ovat keskimäärin 20-kertaiset lietelantaketjun kustannuksiin verrattuna ja keskimäärin nelinkertaiset mädätysketjun kustannuksiin verrattuna. Mädätysketjun muuttuvat kustannukset on keskimäärin viisinkertaiset lietelantaketjun kustannuksiin verrattuna.

Kokonaiskustannuksia vähentäviä säästöjä ovat kaikissa käsittelyketjuissa lannan sisältämien ravinteiden rahallinen arvo. Tämän lisäksi mädätysketjussa kustannuksia vähentää biokaasusta saatavan energian rahallinen arvo. Lannan ravinteiden arvo on suurimmillaan mädätysketjussa ja pienimmillään kompostointiketjussa. Täten mädätysketjussa kustannuksia vähentävät säästöt ovat myös suurimmat.

## **7 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET**

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää naudan lietelannan käsittelyketjujen kustannukset eri tilakokoluokissa ja osoittaa eri käsittelyketjujen kustannusten eroavaisuudet. Tavoitteena oli myös tunnistaa ja osoittaa käsittelyketjujen laadulliset erot. Kustannukset selvitettiin kustannuslaskelmin ja laadulliset erot SWOT-menetelmällä. Tilakokoluokiksi valittiin 25, 50, 100, 150, 200 ja 200 lehmää ja tutkittaviksi käsittelyketjuiksi lietelanta-, kompostointi- ja mädätysketju. Kaikki tarkasteluketjut rajattiin alkamaan navetan ulkopuolelta pumppukaivon jälkeen ja päättymään lannan levitykseen omalle pellolle. Lannanlevitys suoritettiin tilan omana työnä.

Tässä tutkimuksessa edullisimmaksi lietelannan käsittelyketjuksi kaikissa tilakokoluokissa osoittautui lietelantaketju, jonka kokonaiskustannukset olivat keskimäärin 91 % kompostointiketjun ja keskimäärin 84 % mädätysketjun kustannuksia pienemmät. Lietelantaketjun vuotuiset kustannukset säästöineen 25 – 250 naudan tilalla vaihtelivat välillä 5 200 – 6 600 euroa ja vastaavasti yksikkökustannukset välillä 1 – 9 €/syntynyt lanta-m<sup>3</sup>. Lietelantaketjun edullisuus johtui vähäisistä laite- ja rakennusinvestoinneista ja pienistä työmääristä. Esimerkiksi mädätysketju oli täysin samanlainen lietelantaketjun

kanssa lukuun ottamatta mädätysketjun mädätysyksikköä ja hieman pienempää lietelantasäiliötä. Kovin tarkkaa vertailua ei aiempiin tutkimuksiin voi tehdä, sillä jo esimerkiksi lannanlevityskapasiteetin valinta vaikuttaa kustannusten suuruuteen. Toisaalta myös lantamäärien vaihtelu aiheuttaa jo melkoista vaihtelua yksikkökustannuksiin kuten tässäkin tutkimuksessa on havaittu. Klemolan ja Malkin (1995) selvityksessä kokonaisen lietelantaketjun (varastointi, kuormaus, kuljetus ja levitys) kustannukset 10 – 40 naudan tilalla olivat noin 10 – 15 €/t, mikä on hieman korkeampi kuin tässä tutkimuksessa saadut kustannukset.

Tässä tutkimuksessa toiseksi edullisimmaksi lietelannan käsittelyketjuksi päättyi kaikissa tilakokoluokissa mädätysketju. Ketjun vuotuiset kustannukset 25 – 250 naudan tilalla olivat noin 33 000 – 50 000 euroa ja yksikkökustannukset vastaavasti 8 – 55 €/syntynyt lanta-m<sup>3</sup>. Kompostointiketjuun verrattuna mädätysketjun kustannukset olivat noin 5 % ja suurimmillaan jopa 65 % pienemmät. Vaikka mädätysketjun investointikustannukset olivatkin korkeimmat, niin sen muuttuvat kustannukset jäivät huomattavasti alhaisemmiksi kuin kompostointiketjun. Lisäksi ravinteiden ja energian arvo vähensivät kustannuksia. Ravinteiden arvo oli tässä käsittelyketjussa korkeimmillaan ja energian arvo lähes kaksinkertainen ravinteiden arvoon verrattuna. Vertailua aiempiin tutkimuksiin ei voi tehdä, sillä lietelannan mädätysketjun kustannuksia ei nähtävästi ole Suomessa tutkittu. Mädätyksen kannattavuutta on tutkittu viime vuosina jonkun verran, mutta tuloksia on vaikea verrata tässä tutkimuksessa esitettyihin tuloksiin.

Kalleimmaksi vaihtoehdoksi kaikissa tilakokoluokissa tässä tutkimuksessa päättyi kompostointiketju, jonka kokonaiskustannukset olivat esimerkiksi mädätysketjuun nähden keskimäärin kaksinkertaiset. Tilakokoluokissa 25 – 250 nautaa vuotuiset kustannukset olivat 35 000 – 143 000 euroa ja vastaavasti yksikkökustannukset 24 – 58 €/syntynyt lanta-m<sup>3</sup>. Klemola ja Malkki (1995) ovat saaneet esimerkiksi 30 naudan tilalla kompostointiketjun yksikkökustannuksiksi noin 37 €/lantatonni, mikä tämän päivän hintatasoon muutettuna olisi likipitään samaa suuruusluokkaa kuin tässä tutkimuksessa saatu yksikkökustannus. Kompostointiketjun kalleus johtui pääasiassa suurista tukiainekustannuksista ja kompostorin ja sen tarvitsemien oheislaitteiden ja rakennusten investointikustannuksista. Myös käsittelyketjun suuret ihmis- ja traktorityömäärät

vaikuttivat sen kalleuteen. Suuret ihmis- ja traktorityökustannukset johtuivat pääasiassa siitä, että ketju sisältää useita siirtely- ja kuormaustoimenpiteitä. Vaikka lannan tilavuus laskeekin noin 30 % alkuperäiseen lannan määrään, ei se riitä kompensoimaan kaikkia muita kustannuksia. Ravinteiden rahallinen arvo oli myös tässä ketjussa huonoin johtuen typpihävikkeistä ja typen muuntumisesta orgaaniseen muotoon kompostoinnin aikana.

MTTL:n laskelmissa (Haataja 1998) esimerkiksi intensiivisillä 64 ja 128 naudun tiloilla lannalle saadaan positiivinen nettoarvo, mutta tässä tutkimuksessa yhdenkään käsittelyketjun yksikkökustannus ei ollut negatiivinen. Täten lannan ravinteilla ja/tai energian arvolla ei tämän tutkimuksen perusteella pystytä kompensoimaan syntyneitä kustannuksia. Lannan ravinteiden rahallinen arvo oli korkein mädätysketjussa, sillä mädätyksessä lannan orgaaninen tyyppi oli muuttunut osaksi liukoiseen muotoon ja ravinteiden rahallisen arvon määrittelyssä tyypestä huomioidaan vain liukoinen tyyppi. Poikkeuksen tästä tekee tilanne, jossa lanta sisältää runsaasti orgaanista typpeä. Tällöin 10 – 20 % siitä voidaan arvostaa väkilannoitetypen veroiseksi (Kapuinen 2002b).

Arvioitaessa tässä tutkimuksessa saatujen tulosten vaikutusta maidon tuotantokustannuksiin (tilakokoluokissa 32, 64, 96 ja 128 nautaa) huomattiin, että lietelantaketjun lisäävä vaikutus oli 1 – 2 snt/l, kompostointiketjun 9 – 16 snt/l ja mädätysketjun 4 – 14 snt/l. On muistettava, että maidon tuottajien on vaikea siirtää kasvaneita kustannuksia maidon myyntihintaan, joten korkeintaan viiden sentin nousu maidontuotannon litrahintaan voi olla vielä hyväksyttävää.

Tulosten tarkastelussa tulee huomioida useita erilaisia epävarmuustekijöitä, jotka liittyvät esimerkiksi itse tutkimusmenetelmään, kustannuslaskennan parametrien valintaan ja prosesseissa tapahtuviin reaktioihin. Toisaalta on myös huomattava, että rumpukompostorien ja mädätysjärjestelmän hintatiedot perustuivat vain yhden jo edesmenneen laitetoimittajan tietoihin.

Tutkimuksessa käytettiin lietelantasäiliöille, säiliön katteelle, kompostoidun lannan välivarastolle maa- ja metsätalousministeriön ohjekustannushintoja (Maa- ja metsätalousministeriö 2002a), jotka eivät välttämättä vastaa tämän päivän todellisia

hintoja. Tällöin esimerkiksi lietelantaketjun lopulliset kustannukset olisivat jonkun verran korkeammat, mutta eivät todennäköisesti kuitenkaan ylittäisi mädätyksen tai kompostoinnin kustannuksia.

Mädätysketjun kustannuslaskennassa epävarmuustekijöitä aiheuttivat esimerkiksi biokaasun tuotto, mädätysjärjestelmän vaatima lämmitysenergia, tilan tarvitsema energia, energiantuotannon hyötysuhteet sekä sähkön ja lämmön arvo. Mädätyksen kustannustarkastelussa olisi tullut huomioida vielä aggregaatin tai kaasumoottorin korjauksesta tai vaihdosta aiheutuva kustannus.

Kompostointiketjun kustannuslaskennassa on jäänyt huomioitta kuljetusruuviin uusinnan kustannukset ja lietelantasäiliön investointikustannukset. Suositusten mukaan lietelantasäiliöön tulisi toimintahäiriöiden varalta mahtua kuukauden lantamäärä (Ympäristöministeriö 1998). Muuttuvissa kustannuksissa olisi voinut huomioida vielä kuormaajan kulkemat matkat navetan ja pellon välillä, lannan kuormaus välivarastosta kuljetusvaunuun ja siitä edelleen patteriin.

Kaikissa käsittelyketjuissa lannan ravinteiden arvo on laskettu siten, että ravinteita joko häviää tai muuttuu toiseen muotoon ketjun eri vaiheissa. Suljetuissa prosesseissa ravinnehäviöt tai ravinteiden muuntuminen on helpompi todeta toisin kuin esimerkiksi ulkona maaperässä. Maaperässä tapahtuvat ravinnehäviöt tai ravinteiden muuntumiset ovat riippuvaisia monesta eri tekijästä, joten ravinteiden rahallinen arvo voi olla myös todellisuudessa korkeampi tai alhaisempi kuin tässä tutkimuksessa on esitetty. Ravinteiden osalta ei myöskään ole tarkasteltu kuinka paljon niitä loppujen lopuksi peltoon joutuu, kuinka paljon niitä voi sadon mukana poistua ja kuinka paljon niitä haihtuu ilmaan tai joutuu vesiin.

Lannan kuljetuksessa on käytetty olettaa, että pellot ovat kilometrin säteellä navetasta, mutta näin ei reaali maailmassa ole vaan pellot saattavat sijaita hyvinkin etäällä. Tässä tutkimuksessa olisikin voinut huomioida, että lantamäärän kasvaessa kasvaa myös pellon ja navetan välinen etäisyys, jolloin tuloksista olisi tulleet hieman realistisemmat. Lannan

levityskaluston valinnassa olisi tullut myös enemmän kiinnittää huomiota siihen, että ehtiikö valitulla kalustolla kuljettamaan ja levittämään lannan.

Tutkimuksessa jätettiin huomiotta satotappioiden laskenta sillä niiden laskemiseksi ei tutkimuksen tekijällä ollut riittävää osaamista. Kustannuslaskennasta on jätetty huomiotta myös maatalouden eri tukimuodot, sillä maatalouden eri tukimuodot ja tukimäärät vaihtelevat esimerkiksi kohteittain tai alueittain. Myös eri aikoina myönnetään erilaisia tukia.

Koska suomalainen maatalous on muuttunut viime vuosikymmenten aikana, mikä näkyy esimerkiksi tilojen määrän vähenemisenä, on maaseudulle kehitetty muunlaista yritystoimintaa kuin perinteinen viljely tai karjankasvatus. Lanta on hyvä mahdollisuus luoda uutta yritystoimintaa. Lannan levitystä suorittavia urakoitsijoita maaseudulla jo on, mutta esimerkiksi lannan kompostointiin ja lopputuotteen myyntiin keskittyneitä yrityksiä on erittäin vähän. Toinen lantaan liittyvä yritysidea on energiayrittäjäyys. Tähän voi liittää vielä mädätteen jatkokäsittelyn esimerkiksi myyntiä varten. Esimerkiksi biokaasulaitoksen rakentaminen voi tulevaisuudessa olla erittäinkin kannattavaa, mikäli investointitukia kasvatetaan ja biokaasulla tuotetulle sähkölle taataan ns. syöttötariffi.

Tekniikoiltaan tarkasteltavat käsittelyketjut poikkesivat melko paljon toisistaan. Lietelanta- ja mädätysketjut olivat sikäli samanlaisia, että mädätysketjussa lisänä oli vain mädätysyksiköt ja pienempi lietelantasäiliö. Lietelantaketjun paremmuutena voi pitää sen yksinkertaisuutta. Sekä kompostointi- että mädätysjärjestelmä on altis häiriöille. Mädätyksessä muodostuva biokaasu voi lisäksi sisältää joitakin epäpuhtauksia, mikä haittaa sen hyödynnettävyyttä.

Käsittelyketjujen vaatimat työmäärät voitiin laittaa suuruusjärjestykseen, mikä ei kuitenkaan vielä kertonut ketjun paremmuudesta. Kaikissa tilakokoluokissa vähiten työtä vaati lietelantaketju. Mädätysketju vaati 25, 50 ja 100 naudan tilalla enemmän työpanosta kuin kompostointiketju, mutta suuremmissa tilakokoluokissa tilanne oli päinvastainen. Vaikka kompostointiketjun työmäärä oli suurin, jakautui se tasaisemmin koko vuodelle.



Tällöin itse levitykseen kuluva aika oli kompostointiketjussa pienin ja lietelantaketjussa suurin.

Lannan ravinteiden sopivuus kasveille oli mädätetyllä lannalla parhain, sillä osa lannan orgaanisesta tyyppistä muuttui mädätyksessä liukoiseen muotoon ja näin ollen kasvien välittömässä käytössä. Haasteellisinta ravinteiden sovittaminen kasvien tarpeisiin oli kompostoidulla lannalla sen korkeimman orgaanisen typpipitoisuuden vuoksi. Mädätyksessä lanta myös homogenisoitui, sen kuiva-ainepitoisuus laski ja viskositeetti parani, joten mädätetyn lannan fysikaalisten ominaisuuksien voidaan sanoa olevan parhaimmat. Toisaalta mädätys- ja lietelantaketjussa oli käytössä letkulevittimet, jolloin kasvusto ei vahingoitu ja lanta saadaan melko tarkasti levitettyä. Maaperän rakenteen kannalta kompostoitu lanta oli parhain.

Ympäristövaikutuksiltaan menetelmiä ei ollut kovinkaan helppo laittaa paremmuusjärjestykseen. Lietelantaketjussa kuten mädätysketjussakin lietelantasäiliöt varustettiin katteella, jolloin typen hävikki ja sitä myötä typpipäästöt ilmaan olivat varustoinnin aikana erittäin vähäiset ollen noin prosentin luokkaa. Lisäksi näissä ketjuissa käytettiin letkulevitysmenetelmää, jolloin levitysten aikaiset typpipäästöt saatiin minimoitua silloin kun raaka tai mädätetty liete levitettiin kasvustoon. Mädätetty liete imeytyy maahan paremmin kuin mädättämätön, joten ravinteet eivät ehdi haihtua ilmaan niin nopeasti. Metaanipäästöjen osalta sekä mädätys että kompostointi vähentävät lannankäsittelystä aiheutuvia päästöjä jopa 70 %. Tämän lisäksi mädätyksessä saatavalla biokaasulla voidaan korvata uusiutumattomia polttoaineita, joten se vähentää kasvihuonekaasuja myös epäsuorasti. Mädätetyn lannan BOD<sub>7</sub> – ja COD-kuormat olivat vähiten haitallisia.

Kompostoitu ja mädätetty lanta olivat hajuhaitoiltaan pienimmät. Kompostoinnissa lannan haju muuttuu ulkonäöltään ja hajultaan multamaiseksi, joten sen tuoksu lienee miellyttävän.

Mikrobien osalta parhaimmaksi osoittautui kompostointiketju, sillä haitallisten mikrobien väheneminen oli siinä ketjussa todennäköisin. Lietelantaketjussa ei mikrobeille tapahtunut

mitään, vaikkakin lietteen letkulevitys vähentää mikrobeista aiheutuvaa riskiä. Mädätysketjussa ei mädätyksen lämpötila riitä tuhoamaan haitallisia mikrobeja

Tässä tutkimuksessa ei päädytty mihinkään absoluuttiseen totuuteen lietelannan käsittelymenetelmien paremmuudesta, sillä laskennassa ja muussa arvioinnissa on niin paljon eri muuttujia, että virheet ovat mitä todennäköisimpiä. Tutkimus antaa lähinnä viitteitä, mitä eri muuttujia tämänkaltaiseen laskentaan ja arviointiin liittyy ja mitä niistä kannattaa ottaa huomioon. Mikäli vastaavanlaisen tutkimuksen haluaa tehdä, tuleeekin olla tarkkana eri muuttujien valinnassa.

Hyödyllisin tämänkaltainen tutkimus olisi todellisessa tilanteessa, jossa mietittäisiin parhaimpia lannan käsittelyvaihtoehtoja joko tilakohtaisesti tai keskitetysti. Tarkastelussa tulee ottaa huomioon kaikki ainevirrat, joita käsittelyyn tulee, mutta tärkeää on ehdottomasti myös tarkastella lopputuotosta eli lantaa. On punnittava eri vaihtoehtoja lannan hyödyntämiselle. Mädätyksessä tulee huomioida vielä miten syntynyt biokaasu aiotaan käyttää. Biokaasua voi käyttää liikennepolttoaineena, sähkön, lämmön tai molempien tuotantoon. Kustannustarkastelussa kannattaa ehdottomasti ottaa huomioon myös erilaiset investointituet ja mahdollinen biokaasun takuuhinta.

Ravinteiden osalta tilannetta kannattaa tarkastella esimerkiksi ravinnetaseiden kautta eli kuinka paljon ravinteita peltoon laitetaan, kuinka paljon pellolta sadon mukana poistuu, kuinka paljon pellolta haihtuu tai huuhtoutuu ja kuinka paljon ravinteita jää maaperään.

## LÄHTEET

Agrimarket. 2007a. John Deere etukuormaimet. [www-sivu] Saatavissa: <http://www.agrimarket.fi/main.cfm?iA=3198> [viitattu 16.10.2007]

Agrimarket. 2007b. Kverneland DGI -levitinlaite. [www-sivu] Saatavissa: <http://www.agrimarket.fi/main.cfm?iA=250139> [viitattu 16.10.2007]

Agrimarket. 2007c. Lietealtaat ja kupolikate. [www-sivu] Saatavissa: <http://www.agrimarket.fi/main.cfm?iA=250484> [viitattu 16.10.2007]

Agromiljø As. 2007. Gjødselsystem for framtida. [www-sivu] Saatavissa: <http://www.agromiljo.no/> [viitattu 16.10.2007]

Ajoneuvoverolaki 30.12.2003/1281

Alakangas, Eija. 2000. Suomessa käytettyjen polttoaineiden ominaisuuksia. VTT Tiedotteita 2045. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. 172 s. ISBN 951-38-5699-2 (nid.). ISSN 1235-0605 (nid.). ISBN 951-38-5740-9 (verkkojulkaisu). ISSN 1455-0865 (verkkojulkaisu).

Albers, Martin. Helle, Hannu. Varpula, Timo. Itävaara, Merja. Kapanen, Anu. Vikman, Minna. 2003. Kompostointiprosessin monitorointi ja ohjaus. Kirjallisuusselvitys. VTT Tiedotteita 2207. 81 s. ISBN 951-38-6165-1 (nid.). ISSN 1235-0605 (nid.). ISBN 951-38-6166-X (verkkojulkaisu). ISSN 1455-0865 (verkkojulkaisu).

Amlinger, F., Götz, B., Dreher, P., Geszti, J. & Weissteiner, Chr. 2000. Nitrogen in biowaste and yard waste compost: dynamics of mobilisation and availability. Teoksessa: Alföldi, T. ym. (toim.). IFOAM 2000 - the world grows organic. 13th international IFOAM scientific conference, Basel, 28.- 31.8.2000. Zürich: Hochschulverlag. s. 41-44. ISBN 3 7281 2754 X.

Arvonlisäveroasetus 21.1.1994/50

Arvonlisäverolaki 30.12.1993/1501

Asetus vaarallisten kemikaalien teollisesta käsittelystä ja varastoinnista 29.1.1999/59

Asmala, Harri. Granni, Tuomas. Suomijoki, Ville. 2001. Biokaasu maatilalla. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Ilmajoen maatalousoppilaitos. Projektityö. [verkkajulkaisu] Saatavissa: <http://renki.imol.fi/~atugran/biokaasu2.html> [viitattu 23.11.2004]

Bendixen, H.J. 1997: Hygiene and sanitation requirements in Danish biogas plants. – Teoksessa: Holm-Nielsen, J.B. (toim.): The Future of Biogas in Europe, Proceedings. Biopress, Risskov, Denmark. ss. 50-57.

Betonikeskus ry. 2004. Maatalouden betonielementtirakenteet –suunnitteluohje. Suomen Betonitieto Oy. Betonikeskus ry. 68 s. ISBN 952-5075-xx-x.

Biddlestone, A.J. & Gray, K.R. 1985: Composting. Teoksessa: Moo-Young, M. 1985. (toim.): Comprehensive Biotechnology. The principles, Applications and Regulations of Biotechnology in Industry, Agriculture and Medicine. Oxford, U.K.: Pergamon Press Ltd. S. 1059-1070 .

Bremner J. M. & Shaw K. 1958: Denitrification in soil. II. Factors affecting denitrification. Journal of Agricultural Science 51: 40-52.

Colleran, E. 1999: Hygienic and sanitation requirements in biogas plants treating animal manures or mixtures of manures and other organic wastes. [www.ad-nett.org](http://www.ad-nett.org). 25.1.2000.

Coombs, James. 1991. The present and future of anaerobic digestion. Teoksessa Wheatley, Andrew (toim.). Anaerobic Digestion: a Waste Treatment Technology. Critical Reports on Applied Chemistry. Volume 31. ss. 1 - 42.

Davidson E. A. 1991: Fluxes of Nitrous Oxide and Nitric Oxide from Terrestrial Ecosystems. Teoksessa: Rogers J. E., Whitman W. B. (toim.) Microbial Production and Consumption of Greenhouse Gases: Methane, Nitrogen Oxides, and Halomethanes. American Society for Microbiology, Washington, USA. pp. 219-235.

Dorland S. & Beauchamp E. G. 1991: Denitrification and ammonification at low soil temperatures. Canadian Journal of Soil Science 71: 293-303.

Eläinsuojeluasetus 7.6.1996/396

Eläinsuojelulaki 4.4.1996/247. Lyhenn. EläinsuojeluL

Eläintautiasetus 15.1.1980/601

Eläintautilaki 18.1.1980/55

Energiamarkkinavirasto. 2004. Sähkön hinnan kehitys 1.10.2007. [verkkodokumentti] Saatavissa: <http://www.energiamarkkinavirasto.fi/files/Kehitys0710.xls> [viitattu 9.11.2004]

FAN Separator GmbH. 2007. FAN Press Screw Separator. (PSS) [www-sivu] Saatavissa: <http://www.fan-separator.com/> [viitattu 16.10.2007]

Firestone M. K. & Davidson E. A. 1989: Microbiological basis of NO and N<sub>2</sub>O production and consumption in soil. Teoksessa: Andreae M. O. & Schimel D. S. (toim.) Exchange of Trace Gases between Terrestrial Ecosystems and the Atmosphere. John Wiley and Sons. Ltd., Chichester, UK. pp. 7-21. (Mosier ym. 1998a)

Friman, Hanne. 2003. Maaperän vesitalouden säädön vaikutus ravinnehuuhtoumiin ja satoon peltoalueilla. Teknillinen korkeakoulu. Rakennus- ja ympäristötekniikan osasto. Diplomityö

Greenenvironment. 2004. Microturbines. [www-sivu] Saatavissa:  
<http://greenenvironment.de/english/biogas/produkte/mikrogasturbine.html> [viitattu  
16.10.2007]

Gronauer, A.G. & Schattner S. 2001. Environmental Technology in Manure Management and Organic Fertilization. Technical University of Munich. XXVI Annual Meeting of the Chilean Society for Animal Production (SOCHIPA), International Symposium in Animal Production and Environmental Issues. Session II Animal Nutrition and Environmental Issues. <http://www.ktbl.de/umwelt/recht/chile/tieremission.htm>

Grönroos, Juha. Nikander, Antero. Syri, Sanna. Rekolainen, Seppo. Ekqvist, Marko. 1998a. Maatalouden ammoniakkipäästöt. Suomen ympäristö 206, ympäristönsuojelu. 68 s. ISBN 952-11-0283-7.

Haataja, Kaisu. 1998. Karjanlannan käytön kannattavuus. MMM:n karjanlantatutkimusohjelma vuosille 1995-97, osahanke 4. Maatalouden taloudellisen tutkimuslaitoksen tutkimuksia 227. 107 s. ISBN 951-687-017-1. ISSN 1239-8799.

Halinen, Arja. Tontti, Tiina. 2004. Laitoskompostien laadun parantaminen kypsytystä tehostamalla. MTT:n selvityksiä 70. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. 62 s. ISBN 951-729-894-3 (nid.). ISSN 1458-509X (nid.). ISBN 951-729-895-1 (verkkojulkaisu). ISSN 1458-5103 (verkkojulkaisu).

Haynes R. J. 1986: Mineral Nitrogen in the Plant-Soil System. Academic Press, Inc. Orlando, USA. 483 p.

Heikkilä, Kaisu. Salo, Riitta (toim. Suurenevien tilojen haasteet. Ylistaro, 7.-8.8.2002. Maa- ja elintarviketalous 7. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. 103 s. ISBN 951-729-675-4 (nid.). ISSN 1458-5073 (nid.). ISBN 951-729-676-2 (verkkojulkaisu). ISSN 1458-5081 (verkkojulkaisu).

Heinonen, Reijo. Hartikainen, Helinä. Aura, Erkki. Jaakkola, Antti. Kemppainen, Erkki. 1992. Maa, viljely ja ympäristö. 334 s. ISBN 951-0-17090-9.

Heinonen-Tanski, Helvi. 1998. Karjanlannan aiheuttamat mikrobiologiset riskit ja niiden välttäminen. Teoksessa Salo, Riitta (toim.). 1998. Luonnonmukaisen tuotannon tutkimusseminaari. Esitelmät. Jokioinen 18.-19.3.1998. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 46. Maatalouden tutkimuskeskus. 75 s. ISSN 1238-9935, ISBN 951-729-530-8.

Heinonen-Tanski, Helvi. Joki-Tokola, Erkki. Martikainen, Esko. 1998. Lietelannoituksen vaikutus säilörehun hygieniaan. Teoksessa Sipilä, Ilkka. Pehkonen, Aarne (toim.). 1998. Karjanlannan ympäristöystävällinen ja kustannustehokas käyttö. MMM:n karjanlantatutkimusohjelman 1995 - 1997 loppuraportti. Maatalouden taloudellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja 87. 156 s. ISBN 951-687-018-X. ISSN 0788-5393.

Hintikka, Johannes. 2004. Biomassapohjaiset mikro-CHP –tekniikat. Bioenergiakeskuksen julkaisusarja Nro 8. 19 s.

Hyvärinen, Olli-Pekka. 2004. Suullinen tiedonanto. 10.12.2004. Rumen Oy.

Hänninen, Kari. Heimonen, Rauno. 1995. Osuuskunta Itäjalostuksen sonninelannan rumpukompostointi. Loppuraportti. VTT Energia. Jyväskylä 30.1.1995. 9 s.

Hänninen, Kari. Huotari, Hanna. Malinen, Heikki. 1992. Kompostoinnin biotekniikka ja laitteet. VTT tiedotteita 1371. Valtion teknillinen tutkimuslaitos. Poltto- ja lämpötekniikan laboratorio. Espoo. 1992. 81 s. ISBN 951-38-4184-7

Hänninen, Kari. Leinonen, Simo. 1996. Biometanointi. Loppuraportti. Joensuun yliopisto. Karjalan tutkimuslaitoksen monisteita 1: 1 – 51

Jalonen, P. 2001. Biosähkön tuottajat uudessa tilanteessa. *Koneviesti* (9.2.2001): 26-27, 29.

Jokela, J. 2002. Biohajoavien jätteiden käsittely- ja hyödyntäminen –seminaariaineisto. Joensuun yliopisto, ympäristötieteiden laitos.

Joki-Tokola, Erkki. 1998. Lietelannan levityssajan ja –tavan sekä ilmastuksen vaikutus säilörehusadon määrään ja laatuun. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 44. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. 20 s. ISBN 951-729-526-X. ISSN 1238-9935.

Juntti, Lauri. 2003. Typpilannoituksen ja kasvinsuojeluaineiden käytön vaikutus mallas- ja rehuohraviljelyn taloudelliseen tulokseen. MTT:n selvityksiä 40. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. Talous. 51 s. ISBN 951-729-777-7. ISSN 1458-509X. ISBN 951-729-778-5 (verkkojulkaisu). ISSN 1458-5103 (verkkojulkaisu).

Jäteasetus 3.12.1993/1390. Lyhenn. JäteA

Jätelaki 3.12.1993/1072. Lyhenn. JäteL tai JL

Kallioniemi, Marja. 2002. Esiselvitys kotieläintalouden ympäristökuormitusta vähentävien menetelmien ja tekniikoiden kustannuksista ja tehokkuudesta. MTT:n selvityksiä 23. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. Teknologia. 51 s. ISBN 951-729-726-2 (verkkojulkaisu). ISSN 1458-5103 (verkkojulkaisu).

Kapuinen, Petri. 1994. Lannankäsittelyn taloudellisuuden ja lannan ravinteiden hyväksikäytön parantaminen. Vakolan tutkimusselostus 68. Maatalouden tutkimuskeskus. Maatalousteknologian tutkimuslaitos. MTT/VAKOLA. 93 s. ISSN 0782-0054.

Kapuinen, Petri. 1999. Lietteen levitysmahdollisuudet. Työtehoseuran maataloustiedote 6/1999 (510). 6 s. ISSN 0782-6788.

Kapuinen, Petri. 2002a. Keskitetyn mädättämön ja siihen lantaa toimittavien tilojen välisten ja sisäisen lannankuljetusten logistiikka Kuopion Jänneniemien alueen pohjavesialueella. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. Maatalousteknologian tutkimus (Vakola) Teoksessa Taavitsainen, Toni. Kapuinen, Petri. Survo, Kyösti. 2002.



MaLLa –hankkeen loppuraportti: Maatalouden lietteiden ja lantojen keskitetyn käsittelyn mallinnus. Pohjois-Savon ammattikorkeakoulu. 139 s.

Kapuinen, Petri. 2002b. Lannan levitystekniikka, logistiikka ja talous. Teoksessa Heikkilä, Kaisu. Salo, Riitta (toim. Suurenevien tilojen haasteet. Ylistaro, 7.-8.8.2002. Maa- ja elintarviketalous 7. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. 103 s. ISBN 951-729-675-4 (nid.). ISSN 1458-5073 (nid.). ISBN 951-729-676-2 (verkkojulkaisu). ISSN 1458-5081 (verkkojulkaisu).

Karhunen, Jorma. 1998. Lietelannan kompostointi. Vakolan tiedote 47/90. Valtion maatalousteknologian tutkimuslaitos. 7 s.

Karhunen, Jorma. Puumala, Maarit. 1998. Lietelannan ilmastus. Vakolan tiedote 79/98. Valtion maatalousteknologian tutkimuslaitos. 17 s.

Kauppa- ja teollisuusministeriö. 2003. Uusiutuvan energian edistämishjelma 2003–2006. Työryhmän ehdotus. Kauppa- ja teollisuusministeriön työryhmä- ja toimikuntaraportteja 5/2003. Energiaosasto. Edita Publishing Oy. 56 s. ISSN 1236-1852. ISBN 951-739-718-6.

Kauppa- ja teollisuusministeriö. 2004. Energian hinnat. [verkkotietokanta] Saatavissa: [http://www.ktm.fi/index.phtml?menu\\_id=1221&lang=1](http://www.ktm.fi/index.phtml?menu_id=1221&lang=1) [viitattu 1.11.2004]

Kauppa- ja teollisuusministeriö. 2007a. Energian syöttötariffit otettava käyttöön. Kauppa- ja teollisuusministeriön tiedote 142/2007. 4.9.2007 9:45. [verkkodokumentti] Saatavissa: <http://www.ktm.fi/index.phtml?i=2261&s=1878> [viitattu 27.9.2007]

Kauppa- ja teollisuusministeriö. 2007b. Työryhmä selvittää biokaasusähkön syöttötariffijärjestelmää. Kauppa- ja teollisuusministeriön tiedote 139/2007. 29.8.2007 9:29. [verkkodokumentti] Saatavissa: <http://www.ktm.fi/index.phtml?i=2259&s=1878> [viitattu 27.9.2007]

Kemikaaliasetus 12.7.1993/675. Lyhenn. Kema

Kemikaalilaki 14.8.1989/744. Lyhenn. KemL

Kilkkilä, Veijo. 2004. *Re: Lietelanta-asiaa*. [sähköposti] Sähköpostiviesti tekijälle 17.12.2004. [viitattu 18.12.2004]

Kirkkari, Anna-Maija. Malkki, Sirkka. Kalliomäki, Timo. Pentti, Seppo. 2003. Suurten tuotantoyksiköiden case-haastattelut Suomen, Ruotsin, Tanskan ja Saksan tiloilla. Teoksessa Remes, Katariina. Seppälä, Risto. Kirkkari, Anna-Maija. Malkki, Sirkka. Kalliomäki, Timo. Pentti, Seppo. 2003. Suurten tilojen talous Suomessa ja vertailumaissa. Maa- ja elintarviketalous 30. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. Taloustutkimus. 114 s. ISBN 951-729-791-2 (nid). ISSN 1458-5073 (nid). ISBN 951-729-792-0 (verkkojulkaisu). ISSN 1458-5081 (verkkojulkaisu)

Klemola, Esa. Malkki, Sirkka. 1995. Lannan rumpukompostointi. Työtehoseuran maataloustiedote 4/1995 (456). 2 s. ISSN 0782-6788.

Klemola, Esa. Pihamaa, Pekka. Heikkilä, Anna-Maija. 2000. Laajentavan lypsykarjatilán tuotannon ja työnkäytön suunnittelu. Työtehoseuran julkaisuja 375. 88 s. ISBN 951-788-312-9.

Klingler, B. 1999: Environmental aspects of biogas technology. German Biogas Association. [www.ad-nett.com](http://www.ad-nett.com) 15.4.2000.

Knudsen, L. ja Birkmose, T. 1997: Biogas – agriculture and environment. –Teoksessa: Holm-Nielsen, J.B. (toim.): The Future of Biogas in Europe, Proceedings. Biopress, Risskov, Denmark. ss. 39-49.

Koivunen, Kimmo. 1998. Lietelannan anaerobikäsitteily. Maa- ja metsätalousministeriön kehittämis-/tutkimushanke. Dnr. 5523/505/96. 30.01.1997.

Konefarmi Oy. 2007. Bergmann TSW-täsmälevitin. [www-sivu] Saatavissa: <http://www.konefarmi.fi/index.php?16> [viitattu 16.10.2007]

Koneviesti. 2004. Ryhmäesittelyt. Lietelannan levitysvaunut. Kuivalannan tarkkuuslevittimet. Lietelantapumput ja potkurisekoittimet. *Koneviesti* Nro 3. 27.2.2004.

Kuitunen, Pirjo. Martikainen, Esko. 1993. Lietelannan käsittelymenetelmät ja hyötykäyttö – kirjallisuuskatsaus. Ympäristöntutkimuskeskuksen tiedonantoja n:o 144. Jyväskylän yliopisto. Ympäristöntutkimuskeskus. ISBN 951-34-0168-5. ISSN 0781-8793.

Kulmala, Airi. Esala, Martti. 2000. Maatalous ja kasvihuonekaasupäästöt. Kirjallisuuskatsaus. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 76. Maatalouden tutkimuskeskus. 67 p. ISBN 951-729-573-1. ISSN 1238-9935.

Laakson Metallit Oy. 2007a. Slootsmid SV matalamultaimet. 2 s. [verkkodokumentti] Saatavissa: <http://www.laaksonmetalli.fi/fi/esite/slootsmid.pdf> [viitattu 16.10.2007]

Laakson Metallit Oy. 2007b. TERRA 10 m kuivalannan levitysvaunu. 3 s. [verkkodokumentti] Saatavissa: <http://www.laaksonmetalli.fi/fi/esite/terra10m.pdf> [viitattu 16.10.2007]

Laki eräistä naapuruussuhteista 13.2.1920/26. Naapuruussuhdelaki. Lyhenn. NaapL, NaapSL tai NapuruusL

Laki kasvinterveyden suojelemisesta 18.7.2003/702

Laki polttoainemaksusta 30.12.2003/1280. Polttoainemaksulaki.

Laki sähkön ja eräiden polttoaineiden valmisteverosta 30.12.1996/1260. Energiaverolaki. Sähköverolaki.

Laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta 3.6.2005/390. Räjähdyssainelaki.

Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 10.6.1994/468. YVA-laki. Lyhenn. YVAL

Lamminen, Sanna. 2001. Orgaanisen kiintojätteen anaerobinen käsittely. Hämeen ammattikorkeakoulu. Bioprosessitekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

Lehtonen, Heikki. Pietola, Kyösti. Niemi, Jarkko. 2002. Maatilojen lukumäärän muutos Suomessa 1995-2000 ja arvio vuoteen 2010. MTTL:n selvityksiä 5/2002. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. Taloustutkimus. 24 s. ISBN 951-687-133-X. ISSN 1458-297X.

Lehtonen, Keijo. Tontti, Tiina. Kuisma, Miia. 2003. Biojäte- ja lietekompostien käyttömahdollisuudet kasvintuotannossa. Maa- ja elintarviketalous 28. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. Ympäristöntutkimus. 120 s. ISBN 951-729-781-5. ISSN 1458-5073. ISBN 951-729-782-3 (verkkójulkaisu). ISSN 1458-5081 (verkkójulkaisu).

Leinonen, Simo. Kuittinen Ville. 2001. Lannan käsittelyn tehostaminen ja hygieenisyyden parantaminen anaerobisen käsittelyn avulla. Karjalan tutkimuslaitoksen moniste N:o 1/2001. 35 s. ISSN 0781-1969. ISBN 952-458-019-5.

Lilja, Raimo. 1994. Hyvän kompostointikäytännön opas. Ympäristöministeriö, ympäristönsuojeluosasto. Opas 2/1994. 65 s. ISBN 951-47-4839-5.

Linton Solutions. 2007. Carrier Rotoscreen Slurry Separator. 2 s. [verkkodokumentti] Saatavissa: [http://www.lintonsolutions.com/images/uploads/SeparatorFlyerFinal\(9\).pdf](http://www.lintonsolutions.com/images/uploads/SeparatorFlyerFinal(9).pdf) [viitattu 16.10.2007]

Livakka Oy. 2007. Livakka lietelinja. 12 s. [verkkodokumentti] Saatavissa: <http://www.livakka.fi/> [viitattu 16.10.2007]

Lund, B., Bendixen, H.J., Have, P & Ahring, B, K. 1996. Reduction of pathogenic bacteria and viruses by anaerobic digestion. 281-286. In: J. Aa. Hansen. Management of Urban Biodegradable Wastes. (ed.), James & James Ltd., London

Maa- ja metsätalousministeriö. 1999a. Salmonellan ehkäisy ja saneeraus nautakarjassa. Maa- ja metsätalousministeriö. Elintarvike- ja terveysosaston julkaisuja. [verkkajulkaisu] Saatavissa: <http://www.mmm.fi/el/julk/sejsn.html#toimenpiteet> [viitattu 18.11.2004]

Maa- ja metsätalousministeriö. 1999b. Zoonoosit Suomessa 1995 – 1999. Eläinlääkintä- ja elintarvikeosaston julkaisuja 8/2000. Maa- ja metsätalousministeriö, eläinlääkintä- ja elintarvikeosasto. Yliopistopaino. 1999. ISSN 1456-5706. ISBN 952-453-023-6.

Maa- ja metsätalousministeriö. 2002a. Maa- ja metsätalousministeriön asetus maatilatalouden rakennetuen ja vastaavan yritystoimintaan myönnettävän tuen perustana olevista rakennusten yksikkökustannuksista. Maa- ja metsätalousministeriön määräyskokoelma. Määräyskokoelma numero 99/01. Dnro 4575/00/2001

Maa- ja metsätalousministeriö. 2002b. Maa- ja metsätalousministeriön asetus tuettavaa rakentamista koskevista rakentamismääräyksistä ja suosituksista. Maa- ja metsätalousministeriön määräyskokoelma. Määräyskokoelma numero 100/01. Dnro 4576/00/2001

Maa- ja metsätalousministeriö. 2003. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. [verkkotietokanta] Saatavissa: [http://www.matilda.fi/servlet/page?\\_pageid=115,193&\\_dad=portal30&\\_schema=PORTAL30](http://www.matilda.fi/servlet/page?_pageid=115,193&_dad=portal30&_schema=PORTAL30) [viitattu 18.1.2005]

Maa- ja metsätalousministeriö. 2004a. Lannan käytön tehostaminen. Maa- ja metsätalousministeriön ympäristötuen erityistuet –opas. 4 s. [verkkajulkaisu] Saatavissa: [http://www.mmm.fi/tuet/ohjeet\\_oppaat\\_tiedonannot/oppaat/ymparisto/maatalouden\\_ymparistotukiopaat/lannank%C3%A4ytt%C3%B6.pdf](http://www.mmm.fi/tuet/ohjeet_oppaat_tiedonannot/oppaat/ymparisto/maatalouden_ymparistotukiopaat/lannank%C3%A4ytt%C3%B6.pdf) [viitattu 18.11.2004]

Maa- ja metsätalousministeriö. 2004b. Soveltamisopas III. Lannan käsittely ja käyttö maataloilla. Päivitetty 12.1.2005. Maa- ja metsätalousministeriö. Kasvintuotannon tarkastuskeskus. Päivitetty 18.3.2004, lopullinen.

Maa- ja metsätalousministeriö. 2004c. Soveltamisopas V. Kompostointi- ja biokaasulaitoksen sekä lantaa teknisesti käsittelevät laitokset. Päivitetty 08.07.2004. Maa- ja metsätalousministeriö, kasvintuotannon tarkastuskeskus. 29 s.

Maa- ja metsätalousministeriö. 2004d. Ympäristötuen sitomusehdot 2004. 6.4.2004. 19 s.  
[verkkajulkaisu] Saatavissa:  
<http://www.mmm.fi/attachments/5haWdnUO5/5hgVJEEpX/Files/CurrentFile/Sit04.pdf>  
[viitattu 1.12.2004]

Maa- ja metsätalousministeriö. 2005. Ympäristötuen sitomusehdot 2005. 21.3.2005. 17 s.  
[verkkajulkaisu] Saatavissa:  
<http://www.mmm.fi/attachments/5haWdnUO5/5hgVMfRJN/Files/CurrentFile/Sit05.pdf>  
[viitattu 1.7.2005]

Maa- ja metsätalousministeriö. 2007. Tehostetuista maatalouden ympäristötoimista tulossa selvitys. Maa- ja metsätalousministeriön tiedote. Maa- ja metsätalousministeri Sirkka-Liisa Anttila Vantaalla 28.8.2007. [verkkodokumentti]  
[http://www.mmm.fi/fi/index/ministerio/tiedotteet/070828\\_refaymparisto.html](http://www.mmm.fi/fi/index/ministerio/tiedotteet/070828_refaymparisto.html) [viitattu 27.9.2007]

Maakaasuasetus 3.12.1993/1058

Maakaasuyhdistys ry. 2004. Kaasujen ominaisuuksia. Maakaasukäsikirja.  
[verkkodokumentti] [http://www.maakaasu.fi/7\\_kasikirja/pdf/7.1.6.pdf](http://www.maakaasu.fi/7_kasikirja/pdf/7.1.6.pdf) [viitattu 1.11.2004]

Maankäyttö- ja rakennusasetus 10.9.1999/895. Rakennusasetus. Lyhenn. MRA

Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132. Rakennuslaki. Lyhenn. MKRL tai MRL

Maaseudun tulevaisuus. 2005. Kustannusten nousu kiihtyy. Maaseudun tulevaisuus 29.7.2005. [verkkolehti] Saatavissa: <http://www.maaseuduntulevaisuus.fi/cgi-bin/weblehti.exe?Newsp=mtul&Date=050729&Depa=paakirj&Model=framemiel.html> [viitattu 29.7.2005]

Maataloudellisen tutkimuksen neuvottelukunta. 2001. Maaperäntutkimusohjelma vuosille 2002-2006. Biosfääri. Jokioinen. 2001. 42 s. [verkkojulkaisu] Saatavissa: [http://www.mmm.fi/old/julkaisut\\_tutkimus/tutkimus/maaperaohjelma.PDF](http://www.mmm.fi/old/julkaisut_tutkimus/tutkimus/maaperaohjelma.PDF) [viitattu 15.1.2005]

Marttinen, Sanna. 2007. Biokaasu maatiloilla. Energiapäivä 13.2.2007. Pripoli. Pori.

Mikkola, Hannu. Puumala, Maarit. Kalloniemi, Marja. Grönroos, Juha. Nikander, Antero. Holma, Markku. 2002. Paras käytettävissä oleva tekniikka kotieläintaloudessa. Suomen ympäristö 564. Suomen ympäristökeskus. 166 s. ISBN 952-11-1178-X (nid.). ISSN 1238-7312 (nid.). ISBN 952-11-1179-8 (verkkojulkaisu)

MMM-RMO C4. 2001. Kotieläinrakennusten ympäristönhuolto. Maa- ja metsätalousministeriön rakentamismääräykset ja -ohjeet. Liite 12 MMM:n asetukseen tuettavaa rakentamista koskevista rakentamismääräyksistä ja suosituksista (100/01).

Moi As. 2007a. MOI CX - Vakum og kombi-jet vogner. [www-sivu] Saatavissa: <http://www.moi.no/CX%20Vakuumvogner.htm> [viitattu 16.10.2007]

Moi As. 2007b. Proffutstyr. [www-sivu] Saatavissa: <http://www.moi.no/Proff%20utstyr.htm> [viitattu 16.10.2007]

Mäkelä-Kurtto, Ritva. Sippola, Jouko. Grék, Kaarina. 2002. Peltomaiden viljavuus ja helppoliukoiset raskasmetallit. Teoksessa: Uusitalo, Risto ja Salo, Riitta (toim.). Tutkittu maa – turvalliset elintarvikkeet. Viljavuustutkimus 50 vuotta –juhlaseminaari. Jokioinen, 24.9.2002. Maa- ja elintarviketalous 13. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus.

Ympäristöntutkimus. 61 s. ISBN 951-729-694-0. ISSN 1458-5073. ISBN 951-729-695-9 (verkkojulkaisu). ISSN 1458-5081 (verkkojulkaisu).

Mäki, Markku. 2004. Suullinen tiedonanto. 2.12.2004. K-Maatalous.

Nômmik N. 1956: Investigations on denitrification in soil. Acta Agricultural Scandinavica 6: 195-228.

Nousiainen, Jouni. Khalili, Hannele. Huhtanen, Pekka. Laurinen, Pasi. Arnold, Mona. 2004. Ruokinnan vaikutus maidon- ja sianlihatuotannon ravinne- ja hajupäästöjen määrään. Teoksessa: Puumala, Maarit. Grönroos, Juha. 2004. Kotieläintalouden ympäristökuormituksen vähentäminen. Toimenpiteiden kustannukset ja toimivuus. Suomen ympäristö 708. Suomen ympäristökeskus. 153 s. ISBN 952-11-1753-2 (nid.). ISSN 1238-7312 (nid.). ISBN 952-11-1754-0 (verkkojulkaisu).

Oristo, Uolevi. 2004. Pystykeloilla varustetut lannanlevittimet. Viisi vaihtoehtoa ja haastaja. *Koneviesti* nro 3. 27.2.2004

Paatero, Jaakko. Lehtikari, Markku. Kempainen, Erkki. 1984. Kompostointi. Juva 1984. 269 s. ISBN 951-0-12502-4.

Paavilainen, Päivi. 2003. Vesistökuormitus pienillä valuma-alueilla. Kuormituksen suuruuden ja vaikutusten arviointi VESKU-työkalulla. Mikkelin kaupungin julkaisuja 8/2003. ISBN 952-9861-86-9. ISSN 1459-1790

Palojärvi, Ansa. Alakukku, Laura. Martikainen, Esko. Niemi, Marina. Vanhala, Pekka. Jørgensen, Kristen. Esala, Martti. 2002. Luonnonmukaisen ja tavanomaisen viljelyn vaikutukset maaperään. Maa- ja elintarviketalous 2. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. Ympäristö. 88 s. ISBN 951-729-648-7 (nid.). ISSN 1458-5073 (nid). ISBN 951-729-649-5 (verkkojulkaisu). ISSN 1458-5081 (verkkojulkaisu)



Palva, Reetta. Peltonen, Mika. Pentti, Seppo. 2004a. Karjanlannan levitysmenetelmät ja työnmenekit. Työtehoseuran maataloustiedote 1/2004 (564). Työtehoseura. 12 s. ISSN 0782-6788.

Palva, Reetta. Peltonen, Mika. Pentti, Seppo. 2004b. Lannanlevityksen kustannukset. Työtehoseuran maataloustiedote 9/2004 (572). 6 s. ISSN 0782-6788.

Palva, Reetta. Pentti, Seppo. Arnold, Mona. 2004c. Karjanlannan levityksen kustannukset. Teoksessa: Puumala, Maarit. Grönroos, Juha. 2004. Kotieläintalouden ympäristökuormituksen vähentäminen. Toimenpiteiden kustannukset ja toimivuus. Suomen ympäristö 708. Suomen ympäristökeskus. 153 s. ISBN 952-11-1753-2 (nid.). ISSN 1238-7312 (nid.). ISBN 952-11-1754-0 (verkkojulkaisu).

Pentti, Seppo. 2005. Suullinen tiedonanto. 10.02.2005. Työtehoseura.

Penttilä, A. 1996. Ilmastusta lietekuilussa. *Koneviesti* 17/1996.

Pihlatie, Mari. 2001. Maatalousmaiden dityppioksidipäästöt ja typpimonoksidipäästöt. Helsingin yliopisto. Limnologian ja ympäristönsuojelun laitos. Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta. Ympäristönsuojelutieteen Pro gradu. 98 s.

Pipatti, Riitta. 1997. Suomen metaani- ja dityppioksidipäästöjen rajoittamisen mahdollisuudet ja kustannustehokkuus. VTT Tiedotteita 1835. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Espoo 1997. 62 s. ISBN 951-38-5116-8 (nid). ISSN 1235-0605 (nid.). ISBN 951-38-5117-6 (verkkojulkaisu). ISSN 1455-0865 (verkkojulkaisu).

Pipatti, Riitta. Tuhkanen, Sami. Mälkiä, Pirjo. Pietilä, Riitta. 2000. Maatalouden kasvihuonepäästöt sekä päästöjen vähentämisen mahdollisuudet ja kustannustehokkuus. VTT julkaisuja 841. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Espoo 2000. 72 s. ISBN 951-38-5017 (nid). ISSN 1235-0613 (nid.). ISBN 951-38-5018-8 (verkkojulkaisu). ISSN 1455-08757 (verkkojulkaisu)

Pitkänen, Jyrki. 2001. Ympäristönäkökohdat maataloudessa – esimerkkinä Kaakkois-Suomi. Valtakunnalliset jätteenhyötykäyttöpäivät. Lappeenranta 13.-14.11.2001.

Prokkola, Soile. Koistinen, Riitta. Kivijärvi, Pirjo. 2003. Luomumansikan viljelytekniikka ja kasvinsuojelu. Kirjallisuusselvitys. Maa- ja elintarviketalous 26. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. Kasvintuotanto. 160 s. ISBN 951-729-765-3 (verkkojulkaisu). ISSN 1458-5081 (verkkojulkaisu).

Puumala, Maarit. Grönroos, Juha. 2004. Kotieläintalouden ympäristökuormituksen vähentäminen. Toimenpiteiden kustannukset ja toimivuus. Suomen ympäristö 708. Suomen ympäristökeskus. 153 s. ISBN 952-11-1753-2 (nid.). ISSN 1238-7312 (nid.). ISBN 952-11-1754-0 (verkkojulkaisu).

Rantakoski, Päivi. Säkkinen, Urho. 2000 Säästösten soveltaminen biokaasuun. Turvatekniikan keskus. Muistio 15.3.2000. [verkkojulkaisu] Saatavissa [http://www.tukes.fi/tiedostot/vaaralliset\\_aineet/ohjeet/biokaasusaadokset.pdf](http://www.tukes.fi/tiedostot/vaaralliset_aineet/ohjeet/biokaasusaadokset.pdf) [viitattu 1.12.2004]

Rehulaki 5.6.1998/396

Remes, Katariina. Seppälä, Risto. Kirkkari, Anna-Maija. Malkki, Sirkka. Kalliomäki, Timo. Pentti, Seppo. 2003. Suurten tilojen talous Suomessa ja vertailumaissa. Maa- ja elintarviketalous 30. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. Taloustutkimus. 114 s. ISBN 951-729-791-2. ISBN 951-729-792-0 (verkkojulkaisu). ISSN 1458-5073. ISSN 1458-5081 (verkkojulkaisu)

Rintala, Jukka. Lampinen, Ari. Luostarinen, Sari. Lehtomäki, Annimari. 2002 . Biokaasusta uusiutuvaa energiaa maataloilla. Jyväskylän yliopisto. Bio- ja ympäristötieteiden laitos. Ympäristötieteet.

Robertson K. 1994: Nitrous Oxide Emission in Relation to Soil Factors at Low to Intermediate Moisture Levels. Journal of Environmental Quality 23: 805-809.

Rumen Oy. 2003. Rumen Oy:n esite maatalouden lannankäsittelyyn.

Rückert, V. 1991. Mikrobiologische Untersuchungen zur aeroben und anaeroben flüssigmistbehandlung. Dissertation. Universität Hohenheim. 196s.

Rynk, Robert (toim.). van de Kamp Maarten. Willson, George, B. Singley, Mark E. Richard, Tom L. Kolega, John J. Gouin, Francis R. Kay, David. Murphy, Dennis W. Hoitink, Harry A. J. Brinton, William F. 1992. On-Farm Composting Handbook. 1992. NRAES (Natural Resource, Agriculture and Engineering Service). NRAES-54. 186 s. ISBN 0-935817-19-0

Rynk, Robert. Bezdicek, David. Granatstein, David. 2000. Compost Images. Washington State University. [www-sivu] Saatavissa: <http://organic.tfrec.wsu.edu/compost/ImagesWeb/CompImages.html> [viitattu 16.10.2007]

Salo, Riitta (toim.). 1998. Luonnonmukaisen tuotannon tutkimusseminaari. Esitelmät. Jokioinen 18.-19.3.1998. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 46. Maatalouden tutkimuskeskus. 75 s. ISSN 1238-9935, ISBN 951-729-530-8.

Sarvaala, Mari. 2004. Rumpukompostin hygieeninen laatu sivutuoteasetuksen nojalla. Kuopion yliopisto. Ympäristötieteiden laitos. Ympäristötieteen Pro gradu.

Shepherd, M., Philipps, L. & Bhogal, A. 2000. Manure management on organic farms: to compost or not to compost? Teoksessa: Alföldi, T. ym. (toim.). IFOAM 2000 - the world grows organic. 13th international IFOAM scientific conference, Basel, 28.-31.8.2000. Zürich: Hochschulverlag. s. 50. ISBN 3 7281 2754 X.

Sipilä, Ilkka. Pehkonen, Aarne (toim.). 1998. Karjanlannan ympäristöystävällinen ja kustannustehokas käyttö. MMM:n karjanlantatutkimusohjelman 1995 - 1997 loppuraportti. Maatalouden taloudellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja 87. 156 s. ISBN 951-687-018-X. ISSN 0788-5393.

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus kemikaalien luokitusperusteista ja merkintöjen tekemisestä 26.9.2001/807

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus vaarallisten aineiden luettelosta 15.6.2005/509

Stegmann, R. Bade, Olaf. 2005. Anaerobic Digestion and production of biogas. Chimatra Workshop 2005. [verkkodokumentti] Saatavissa: <http://www.tu-harburg.de/aws/asia-pro-eco/workshop/presentation/12.pdf> [viitattu 16.10.2007]

Suomen Ympäristökeskus. 2005. Vesistöjen ravinnekuormitus ja luonnon huuhtouma. [www-sivu] Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=29826&lan=fi> [viitattu 19.4.2005]

Survo, Kyösti. 2002. Terveys- ja ympäristövaikutusten arviointi, kappale 13. Teoksessa Taavitsainen, Toni. Kapuinen, Petri. Survo, Kyösti. 2002. MaLLa –hankkeen loppuraportti: Maatalouden lietteiden ja lantojen keskitetyn käsittelyn mallinnus. Pohjois-Savon ammattikorkeakoulu. 139 s.

Svenska Neuero AB. 2007. FAN lantaseparaattorit. Tuoteluettelo 2005. 28 s. [verkkodokumentti] <http://www.svenskaneuero.se/prospekt/FINSK-Nytt.pdf> [viitattu 16.10.2007]

Taavitsainen, Toni. Kapuinen, Petri. Survo, Kyösti. 2002. MaLLa –hankkeen loppuraportti: Maatalouden lietteiden ja lantojen keskitetyn käsittelyn mallinnus. Pohjois-Savon ammattikorkeakoulu. 139 s.

Taimisto, Anna-Maija. 1998. Tuottajamaidon mikrobiologisen laadun kartoitus. *Maito ja Me*. Laatumaitoa-liite 18.11.1998.

Tartuntatautiasetus 31.10.1986/786

Tartuntatautilaki 25.7.1986/583. Lyhenn. TTL

Terveydensuojeluasetus 16.12.1994/1280. Lyhenn. TSA tai TervSuojeluA

Terveydensuojelulaki 19.8.1994/763. Lyhenn. TSL tai TervSuojeluL

Tieliikenneasetus 5.3.1982/182. Lyhenn. TLA tai TieliikenneA

Tieliikennelaki 3.4.1981/267. Lyhenn. TLL, TieL tai TieliikenneL

Tilastokeskus. 2005a. Dityppioksidipäästöt 1990-2003 päästöluokittain (1000 t). [www-sivu] Saatavissa: [http://tilastokeskus.fi/til/khki/2003/khki\\_2003\\_2005-04-19\\_tau\\_004.html](http://tilastokeskus.fi/til/khki/2003/khki_2003_2005-04-19_tau_004.html) [viitattu 19.4.2005]

Tilastokeskus. 2005b. EU-maiden rikkidioksidi-, typenoksidi- ja ammoniakkipäästöt 2000 ja maiden ilmoittamat päästökäytöt vuodelle 2010 (tuhatta tonnia) [www-sivu] [http://www.stat.fi/tk/tt/ymparisto\\_eu15\\_2004.html](http://www.stat.fi/tk/tt/ymparisto_eu15_2004.html) [viitattu 19.4.2005]

Tilastokeskus. 2005c. Metaanipäästöt 1990-2003 päästöluokittain (1000 t). [www-sivu] Saatavissa: [http://tilastokeskus.fi/til/khki/2003/khki\\_2003\\_2005-04-19\\_tau\\_003.html](http://tilastokeskus.fi/til/khki/2003/khki_2003_2005-04-19_tau_003.html) [viitattu 19.4.2005]

Tirohia Compost Solutions Ltd. 2007. Tirohia Compost Solutions. [verkkodokumentti] Saatavissa: [http://www.hgleach.co.nz/Tirohia\\_Compost\\_Solutions\\_Brochure.pdf](http://www.hgleach.co.nz/Tirohia_Compost_Solutions_Brochure.pdf) [viitattu 16.10.2007]

Turtola, Eila. Kemppainen, Erkki. 1998. Nitrogen and phosphorus losses in surface runoff and drainage water after application of slurry and mineral fertilizer to perennial grass ley. *Agricultural and Food Science in Finland* 7: 569-581.

Työtehoseura. 2005. Maatalouden ympäristötietopalvelu. [verkkotietokanta] Saatavissa: <http://www.tts.fi/tp> [viitattu 1.2.2005]

Uusi-Penttilä, Pauliina. 2004. Biokaasun liikennekäyttö Jyväskylän seudulla. Esiselvitys. Jyväskylän teknologiakeskus. Jyväskylä 31.3.2004. 60 s.

Vaasan yliopisto. 2007. Uusiutuva energia Etelä-Pohjanmaalla. [www-sivu] Saatavissa: <http://sjoki.uwasa.fi/UE/biohalsua.html> [viitattu 16.10.2007]

Walter, Uwe. 2005a. Suulliset tiedonannot ajalla 1.6.2004 - 29.4.2005.

Walter, Uwe. 2005b. Kokoelma sähköpostivastauksia ajalla 1.6.2004 - 29.4.2005 [sähköposti] Sähköpostiviestit tekijälle [viitattu 29.4.2005]

Valtioneuvosto. 2007. Pääministeri Matti Vanhasen II hallituksen ohjelma 19.4.2007. Valtioneuvoston kanslia. [verkkodokumentti] Saatavissa: <http://www.valtioneuvosto.fi/hallitus/hallitusohjelma/pdf/hallitusohjelma-painoversio-040507.pdf> [viitattu 27.09.2007]

Valtioneuvoston asetus maataloudesta peräisin olevien nitraattien vesiin pääsyn rajoittamisesta 9.11.2000/931. Nitraattiasetus

Valtioneuvoston asetus ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 17.8.2006/713. YVA-asetus. Lyhenn. YVAA

Valtiovarainministeriö. 2007. Biokaasun syöttötariffityöryhmä. KTM046:00/2007. Valtiovarainministeriö, valtioneuvoston tietohallintoyksikkö. [verkkotietokanta] Saatavissa: [http://www.hare.vn.fi/mHankePerusSelaus.asp?h\\_iId=13148](http://www.hare.vn.fi/mHankePerusSelaus.asp?h_iId=13148) [viitattu 27.9.2007]

Vesilaki 19.5.1961/264. Lyhenn. VL tai VesiL

Wheatley, Andrew D. 1999. Anaerobic digestion: industrial waste treatment. Teoksessa Wheatley, Andrew (toim.). Anaerobic Digestion: a Waste Treatment Technology. Critical Reports on Applied Chemistry. Volume 31. ss. 171 – 223.

Wild, Alan. 1993. *Soils and the environment: an introduction*. Cambridge: Cambridge University Press. 287 p. ISBN 0-521-43849-4

Virtanen, Juha. 2004. Suullinen tiedonanto. 16.12.2004. Yksityinen urakoitsija.

Vuorinen, Arja H. Saharinen, Maritta H. 1999. Cattle and Pig Manure and Peat Cocomposting in a Drum Composting System: Microbiological and Chemical Parameters. *Compost Science & Utilization* Vol 7, N:o 3, 54-65.

Vuorio, Kari. 2001. Pellostä peltoon kompostoimalla. Kestävä maatalous Vantaanjoella – projekti. Työtehoseura/maatalousosasto. Uudenmaan ympäristökeskus - Monisteita 97. 38 s. ISBN 952-463-002-8 (nid.). ISSN 1238-7185 (nid.). ISBN 952-5237-85-0 (verkkojulkaisu).

Yli-Halla, Markku. Nykänen, Arja. Siimes, Katri. Tuhkanen, Hanna-Riikka. 2001. Ympäristötuen ehdot ja maan helppoliukoisen fosforin pitoisuus. MTT:n julkaisuja. Sarja A 77. 45 s. ISSN 1239-0852 (nid.), ISSN 1239-0844 (verkkojulkaisu), ISBN 951-729-574-X (nid), ISBN 951-729-602-9 (verkkojulkaisu).

Ylivainio, Kari. Esala, Martti. Turtola, Eila. 2002. Luonnonmukaisen ja tavanomaisen viljelyn typpi- ja fosforihuuhtoumat. Kirjallisuuskatsaus. Maa- ja elintarviketalous 12. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. Ympäristö. 74 s. ISBN 951-729-692-4 (nid). ISBN 951-729-693-2 (verkkojulkaisu). ISSN 1458-5073 (nid). ISSN 1458-5081 (verkkojulkaisu)

Ympäristöministeriö. 1998. Ohje kotieläintalouden ympäristönsuojelusta. 30.9.1998. Suomen Ympäristö. Ympäristöministeriö. Ympäristönsuojeluosasto. Oy Edita Ab. Helsinki 1998. 27 s.

Ympäristöministeriö. 2002. Ympäristöministeriön ohje kotieläinsuojia koskevan ympäristöluvan lupaharkintaa varten. Ympäristöministeriön kirje 18.3.2002. YM4/401/2002. 6 s.

Ympäristöministeriö. 2004. Ympäristölupahakemus eläinsuojalle - ohje. Päivitetty 10.2.2004 6022 ohje / 02.2004.

Ympäristönsuojeluasetus 18.2.2000/169. Lyhenn. YSA

Ympäristönsuojelulaki 4.2.2000/86. Lyhenn. YSL

Ölly- ja Kaasualan Keskusliitto. 2004. Öljytuotteiden kuluttajahintaseuranta ja muita tilastoja öljytuotteiden hinnoista Suomessa. [verkkodokumentti] Saatavissa: [http://www.oil-gas.fi/files/260\\_HinnatjaverotSuomessa.pdf](http://www.oil-gas.fi/files/260_HinnatjaverotSuomessa.pdf) [viitattu 4.11.2004]

Ørtenblad, Henrik. 2004. The use of digested slurry within agriculture. Herning Municipal Utilities, Denmark. [verkkodokumentti] Saatavissa: <http://homepage2.nifty.com/biogas/cnt/refdoc/whrefdoc/d9manu.pdf> [viitattu 1.12.2004]



## KUSTANNUSLASKENNASSA KÄYTETYT ALKUARVOT JA KUSTANNUSLASKENNAN TULOKSET

### Kaikkia käsittelyketjuja koskevat tiedot

Kustannustarkastelussa laskettiin kuuden (taulukko 1) erikokoisen tilan lietelannan käsittelyketjun kustannukset. Käsittelyketjuja valittiin kolme kappaletta: lietelantaketju, kompostointiketju ja mädätysketju. Kukin käsittelyketju koostuu useammasta erilaisesta yksikköprosessista alkaen eläinsuojan ulkopuolelta ja päättyen lannan levitykseen. Kaikki käsittelyketjut mitoitetaan vuoden aikana muodostuvalle lietelantamäärälle. Taulukosta 1 nähdään kussakin ketjussa käsiteltävät lietelantamäärät. Käsittelyketjuissa käytetyt yhteiset parametrit on esitetty taulukossa 2.

**Taulukko 1.** Nautojen lukumääriä vastaavat lietelantamäärät (tilakoot)

Nautojen lukumäärä	25	50	100	150	200	250
Lantamäärä [m <sup>3</sup> ]	600	1 200	2 400	3 600	4 800	6 000

Kustannuslaskennassa huomioidaan valittujen käsittelyketjujen investointi-, huolto- ja kunnossapito- sekä muuttuvat kustannukset. Kokonaiskustannuksia vähentää lannan ravinteiden arvo, joka kussakin ketjussa on erilainen riippuen käsittelyketjussa esiintyvistä ravinnehävikkeistä. Mädätysketjussa kokonaiskustannuksia vähentää myös biokaasusta saatavan sähkö- ja lämpöenergian arvo.

Vuosittaiset investointikustannukset lasketaan annuiteettimenetelmällä. Muuttuvat kustannukset koostuvat ihmistyö- ja traktorityökustannuksista sekä käsittelyketjusta riippuen tukiaine-, energia- ja apupolttoainekustannuksista. Oletuksena on, että kaiken lannankäsittelytyön tekee tilallinen itse. Traktorityökustannuksessa on huomioitu traktorin investointikustannus. Kustannustarkastelusta jätetään huomioimatta epäsuorat kustannukset kuten esimerkiksi maan tiivistymisestä tai muusta tekijästä aiheutuvat satotappiot.

Mädätetylle ja raakalannalle tarkoitettujen lietelantasäiliön, säiliön katteen ja kompostoidulle lannalle tarkoitettujen välivaraston kustannus lasketaan maa- ja metsätalousministeriön asetuksen (99/2001) mukaan. Lietelantasäiliön kustannus lasketaan kaavan 1 avulla, lietelantasäiliön katteen kustannus kaavan 2 avulla ja kompostin välivaraston kustannus kaavan 3 avulla. Hintoihin lisätään arvonlisävero. Rakentamisen työkustannukset sisältyvät hintoihin. Lietelantasäiliön muodoksi ja korkeudeksi valitaan betoniharkoista valmistettu pyöreä 3 metriä korkea säiliö, jonka todellinen tilavuus ja pinta-ala valittiin maatalouden betonielementtien suunnitteluohjeesta. Käsitellyn tai raakalannan kuljetukseen kuluva aika lasketaan kaavan 4 avulla.

$$H_{\text{säiliö}} = y \cdot V_{\text{säiliö}}^{0,6} \quad (1)$$

$H_{\text{säiliö}}$	lietelantasäiliön hinta [€]
$y$	vakio, tässä tapauksessa 350
$V_{\text{säiliö}}$	lietelantasäiliön tilavuus [m <sup>3</sup> ]

$$H_{\text{kate}} = A_{\text{kate}} \cdot 17 \text{ €/m}^2 \quad (2)$$

$H_{\text{kate}}$	katteen hinta [€]
$A_{\text{kate}}$	katteen ala [m <sup>2</sup> ]

$$H_{\text{väli varasto}} = A_{\text{väli varasto1}} \cdot 15 \text{ €/m}^2 + A_{\text{väli varasto2}} \cdot 12 \text{ €/m}^2 \quad (3)$$

$H_{\text{väli varasto}}$	kompostoidun lannan välivaraston hinta [€]
$A_{\text{väli varasto1}}$	välivaraston ala 100 m <sup>2</sup> :iin asti [m <sup>2</sup> ]
$A_{\text{väli varasto2}}$	välivaraston ala, joka ylittää 100 m <sup>2</sup> [m <sup>2</sup> ]

$$T_{\text{kuljetus}} = 1,09 \cdot \frac{h}{v \cdot V_{\text{vaunu}}} \quad (4)$$

$T_{\text{kuljetus}}$	lannan kuljetukseen kuluva aika [h/m <sup>3</sup> ]
1,09	kerroin, jonka avulla saadaan lisättyä 5 %:n elpymislisä ja 4 %:n häiriölisä
$h$	edestakainen matka [km]
$v$	keskinopeus [km/h]
$V_{\text{vaunu}}$	levitysvaunun tilavuus [m <sup>3</sup> ]

**Taulukko 2.** Kaikissa käsittelyketjuissa tarvittavat parametrit

<b>Parametri</b>	<b>Arvo</b>	<b>Peruste</b>
Yhden naudan vuodessa tuottama lietemäärä [m <sup>3</sup> /a]	24	VNa 931/2000; MMM-RMO C4 2001
Lietelannan tiheys [kg/m <sup>3</sup> ]	1 000	Mikkola et al. 2002
Lietelannan kokonaistyyppi [kg/t]	3,3	Prokkola et al. 2003
Lietelannan liukoinen tyyppi [kg/t]	1,9	Prokkola et al. 2003
Lietelannan fosfori [kg/t]	0,6	Prokkola et al. 2003
Lietelannan kalium [kg/t]	2,9	Prokkola et al. 2003
Edestakainen kuljetusmatka [km]	2	Tekijän valinta
Traktorin nopeus kuljetuksessa [km/h]	12	Tekijän valinta
Levitysmäärä [m <sup>3</sup> /ha]	40	Tekijän valinta
Traktorin nopeus peltolevityksessä [km/h]	3	Tekijän valinta
Traktorityön hinta [€/h]	14,5	Pentti 2005
Ihmistyön hinta [€/h]	13,5	Pentti 2005
Sähkön hinta [€/kWh]	0,0846	Energiamarkkinavirasto 2004
Lämmön hinta [€/kWh]	0,05	KTM 2004
Arvonlisävero (ALV) [%]	22	ALV-laki 1501/1993 ja -asetus 50/1994
Annuiteetin laskennassa käytetty korkokanta [%]	5	Tekijän valinta
Annuiteetin laskennassa käytetty aika rakenteille [a]	20	Tekijän valinta
Annuiteetin laskennassa käytetty aika koneille [a]	15	Tekijän valinta
Rakenteiden huolto- ja kunnossapito investoinnista [%]	1	Tekijän valinta
Koneiden huolto- ja kunnossapito investoinnista [%]	2	Tekijän valinta
Typen hinta [snt/kg]	63,6	Kapuinen 2002
Fosforin hinta [snt/kg]	128,3	Kapuinen 2002
Kaliumin hinta [snt/kg]	47,7	Kapuinen 2002

## Lietelantaketju

Lietelanta varastoidaan katetussa lietelantasäiliössä. Lanta sekoitetaan traktorikäyttöisellä sekoittimella, minkä jälkeen lietelanta kuljetetaan levityskalustolla pellolle levitettäväksi. Lietelantaketjun kustannuslaskennassa käytetään taulukon 2 ja 3 parametreja. Taulukkoon 4 on koottu lietelantaketjun hankintahinnat ja taulukkoon 5 ja 6 lietelantaketjun ihmistyömäärät. Taulukossa 7 on esitetty lietelantaketjun kustannukset.

**Taulukko 3.** Lietelantaketjun kustannuslaskennassa käytetyt parametrit.

Parametri	Arvo	Peruste
Lietelantasäiliön hinnan laskennassa käytetty vakio y	350	MMM-RMO C4 2001
Lietelantasäiliön hinnan laskennassa käytetty potenssi	0,6	MMM-RMO C4 2001
Lietelantasäiliön katteen kustannus [€/m <sup>2</sup> ]	17	MMM-RMO C4 2001
Traktorikäyttöinen pumppu-sekoitin sekoitukseen [€]	3 640	Koneviesti 2004
12 m <sup>3</sup> :n lietelannan levitysvaunu mädätetylle ja raakalannalle [€]	20 292	Koneviesti 2004
16 m <sup>3</sup> lietelannan levitysvaunu mädätetylle ja raakalannalle [€]	30 000	Mäki 2004
12 m leveä letkulevitin lietelannan levitysvaunuun [€]	9 017	Koneviesti 2004
16 m leveä letkulevitin lietelannan levitysvaunuun [€]	15 000	Mäki 2004
Levitysvaunujen oheistarpeet [€]	1 082	Mäki 2004
Lietelantavaunun tilavuus (nautojen lukumäärä 25 ja 50) [m <sup>3</sup> ]	12	Tekijän valinta
Letkulevittimen leveys (12 m <sup>3</sup> :n lietevaunuun) [m]	12	Tekijän valinta
Lietelantavaunun tilavuus (nautojen lukumäärä 100 - 250) [m <sup>3</sup> ]	16	Tekijän valinta
Letkulevittimen leveys (16 m <sup>3</sup> :n lietevaunuun) [m]	16	Tekijän valinta
Lietteen (mädätetyn ja raakalannan) tarvitsema sekoitus aika [h/t]	3	Virtanen 2004
Kuormauksen työnormi (letkulevitys, traktoripumppu, päältätäyttö, levitysmäärä 40 m <sup>3</sup> /ha, lietevaunun tilavuus 12 m <sup>3</sup> ) [min/ha]	31,9	Palva et al. 2004a
Kuormauksen työnormi (letkulevitys, traktoripumppu, päältätäyttö, levitysmäärä 40 m <sup>3</sup> /ha, lietevaunun tilavuus 16 m <sup>3</sup> ) [min/ha]	28	Palva et al. 2004a
Levityksen työnormi (letkulevitys, leveys 12 m, nopeus 3 km/h) [min/ha]	29,7	Palva et al. 2004a
Levityksen työnormi ( letkulevitys, leveys 16 m, nopeus 3 km/h) [min/ha]	22,6	Palva et al. 2004a
Lietelantaketjun liukoisen typen hävikki , varastointi [%]	1	Kallioniemi 2002
Lietelantaketjun liukoisen typen hävikki , levitys [%]	40	Mikkola et al. 2002; Palva et al. 2004c
Lietelantaketjun fosforin hävikki , levitys [%]	1	Tekijän valinta
Lietelantaketjun kaliumin hävikki , levitys [%]	1	Tekijän valinta
Lietelantaketjussa lannan kokonaisfosforista otetaan huomioon [%]	75	Kapuinen 2002b
Lietelantaketjussa väkilannoitetyypeksi lasketaan liukoisesta tyypestä [%]	100	Kapuinen 2002b
Lietelantaketjussa lannan kokonaisfosforista otetaan huomioon [%]	75	Kapuinen 2002b
Lietelantaketjussa lannan kaliumista otetaan huomioon [%]	100	Kapuinen 2002b

**Taulukko 4.** Lietelantaketjun rakennelmien ja koneiden investointihinnat.

<b>Investoinnit</b>	<b>25</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>150</b>	<b>200</b>	<b>250</b>
Lietesäiliö [€]	19 830	30 056	45 557	58 104	69 051	78 944
Lietesäiliön kate [€]	4 454	8 889	17 331	25 968	34 661	43 090
Pumppu-sekoitin [€]	3 640	3 640	3 640	3 640	3 640	3 640
Lietelantavaunu ja letkulevitin [€]	29 309	29 309	45 000	45 000	45 000	45 000
Muut [€]	1 082	1 082	1 082	1 082	1 082	1 082
<b>Yhteensä [€]</b>	<b>58 314</b>	<b>72 976</b>	<b>112 610</b>	<b>133 795</b>	<b>153 435</b>	<b>171 756</b>

**Taulukko 5.** Lietelantaketjun ihmistyö tunteina.

<b>Ihmistyö</b>	<b>25</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>150</b>	<b>200</b>	<b>250</b>
Ihmistyö lannan kuormaus, kuljetus ja levitys	24	49	78	117	156	195
<b>Yhteensä [h/a]</b>	<b>24</b>	<b>49</b>	<b>78</b>	<b>117</b>	<b>156</b>	<b>195</b>
<b>Yhteensä [min/m<sup>3</sup>]</b>	<b>2,4</b>	<b>2,4</b>	<b>1,9</b>	<b>1,9</b>	<b>1,9</b>	<b>1,9</b>

**Taulukko 6.** Lietelantaketjun ihmistyö kahdeksan tunnin työpäivinä.

<b>Ihmistyö</b>	<b>25</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>150</b>	<b>200</b>	<b>250</b>
Ihmistyö lannan kuormaus, kuljetus ja levitys	3	6	10	15	19	24
<b>Yhteensä [vrk<sub>8h</sub>/a]</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>19</b>	<b>24</b>

**Taulukko 7.** Lietelantaketjun kustannukset

<b>INVESTOINNIT</b>	<b>aika</b>	<b>korko</b>	<b>25</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>150</b>	<b>200</b>	<b>250</b>
Lietesäiliö	20	5 %	1 591	2 412	3 656	4 662	5 541	6 335
Lietesäiliön kelluva kate	20	5 %	357	713	1 391	2 084	2 781	3 458
Pumppu-sekoitin	15	5 %	351	351	351	351	351	351
Lietevaunu + letkulevitin	15	5 %	2 824	2 824	4 335	4 335	4 335	4 335
Muut	15	5 %	104	104	104	104	104	104
<b>Yhteensä [€a]</b>			<b>5 227</b>	<b>6 404</b>	<b>9 837</b>	<b>11 537</b>	<b>13 112</b>	<b>14 583</b>
<b>Yhteensä [€/m<sup>3</sup>]</b>			<b>8,71</b>	<b>5,34</b>	<b>4,10</b>	<b>3,20</b>	<b>2,73</b>	<b>2,43</b>
<b>HUOLTO- JA KUNNOSSAPITO</b>	<b>% HH</b>							
Lietesäiliö	1 %		198	301	456	581	691	789
Lietesäiliön kelluva kate	1 %		45	89	173	260	347	431
Pumppu-sekoitin	2 %		73	73	73	73	73	73
Lietevaunu + letkulevitin	2 %		586	586	900	900	900	900
Muut	2 %		22	22	22	22	22	22
<b>Yhteensä [€a]</b>			<b>923</b>	<b>1 070</b>	<b>1 623</b>	<b>1 835</b>	<b>2 032</b>	<b>2 215</b>
<b>Yhteensä [€/m<sup>3</sup>]</b>			<b>1,54</b>	<b>0,89</b>	<b>0,68</b>	<b>0,51</b>	<b>0,42</b>	<b>0,37</b>
<b>MUUTTUVAT KUSTANNUKSET</b>								
Traktorityö lannan kuormaus, kuljetus ja levitys			381	762	1 233	1 850	2 466	3 083
Ihmistyö lannan kuormaus, kuljetus ja levitys			331	661	1 051	1 576	2 102	2 627
<b>Yhteensä [€a]</b>			<b>712</b>	<b>1 423</b>	<b>2 284</b>	<b>3 426</b>	<b>4 568</b>	<b>5 711</b>
<b>Yhteensä [€/m<sup>3</sup>]</b>			<b>1,19</b>	<b>1,19</b>	<b>0,95</b>	<b>0,95</b>	<b>0,95</b>	<b>0,95</b>
<b>KUSTANNUKSET YHTEENSÄ</b>								
<b>Yhteensä [€a]</b>			<b>6 862</b>	<b>8 897</b>	<b>13 744</b>	<b>16 798</b>	<b>19 712</b>	<b>22 508</b>
<b>Yhteensä [€/m<sup>3</sup>]</b>			<b>11,44</b>	<b>7,41</b>	<b>5,73</b>	<b>4,67</b>	<b>4,11</b>	<b>3,75</b>
<b>LANNAN RAVINTEET</b>								
<b>Yhteensä [€a]</b>			<b>-1 595</b>	<b>-3 191</b>	<b>-6 381</b>	<b>-9 572</b>	<b>-12 762</b>	<b>-15 953</b>
<b>Yhteensä [€/m<sup>3</sup>]</b>			<b>-2,66</b>	<b>-2,66</b>	<b>-2,66</b>	<b>-2,66</b>	<b>-2,66</b>	<b>-2,66</b>
<b>KUSTANNUKSET SÄÄSTÖINEEN</b>								
<b>Yhteensä [€a]</b>			<b>5 267</b>	<b>5 706</b>	<b>7 363</b>	<b>7 226</b>	<b>6 950</b>	<b>6 555</b>
<b>Yhteensä [€/m<sup>3</sup>]</b>			<b>8,78</b>	<b>4,76</b>	<b>3,07</b>	<b>2,01</b>	<b>1,45</b>	<b>1,09</b>

## Kompostointiketju

Kompostointiketjussa lietelanta sekoitetaan tukiaineena käytettävään turpeeseen. Pienemmillä tiloilla ( $\leq 50$  nautaa) tukiaine kuormataan kauhakuormaajaa apua käyttäen siirtoruuville, mutta suuremmilla tiloilla ( $\geq 100$  nautaa) lietelanta sekoittuu tukiaineeseen kaksoissiirtoruuvissa, johon tukiaine johdetaan tukiainevarastosta omalla siirtoruuvillaan. Lietelanta pumpataan siirtoruuville pumppukaivolta. Siirtoruuvi ohjaa lanta-turve –seoksen kompostoriin, jossa se esikompostoidaan. Lietelannan ja turpeen sekoittuessa ne limittyvät. Lanta-turve –seoksen tilavuus limittymisen jälkeen lasketaan kaavan 5 avulla. Tarvittava rumputilavuus on laskettu kaavan 6 avulla.

$$V_{lanta-turve} = L \cdot (V_{lietelanta} + V_{turve}) \quad (5)$$

$V_{lanta-turve}$  lanta-turve –seoksen tilavuus [ $m^3$ ]

L limittymiskerroin [%]

$V_{lietelanta}$  lietelannan tilavuus [ $m^3$ ]

$V_{turve}$  turpeen tilavuus [ $m^3$ ]

$$V_{rumpu} = \frac{Q_{lanta-turve} \cdot t_{viipymä}}{\eta_{rumpu}} \quad (6)$$

$V_{rumpu}$  rummun tilavuus [ $m^3$ ]

$Q_{lanta-turve}$  kompostoitavan massan tilavuusvirta [ $m^3/vrk$ ]

$t_{viipymä}$  viipymäaika rummussa [vrk]

$\eta_{rumpu}$  rummun hyötytilavuus [%]

Rumpukompostoinnin jälkeen massa siirretään etukuormainta apuna käyttäen välivarastoon jälkikypsytykseen. Tämän jälkeen komposti kuormataan levitysvaunuun ja kuljetetaan pellon laitaan ja siirretään patteriin, jonka pohjalle ja päälle levitetään turvetta. Levityksen alkaessa kompostoitu lanta kuormataan levityskalustoon ja levitetään peltoon. Kompostointiketjun kustannuslaskennassa käytetään taulukon 2 ja 8 parametreja. Taulukkoon 9 on koottu kompostointiketjun hankintahinnat ja taulukkoon 10 ja 11 kompostointiketjun ihmistyömäärät. Taulukossa 12 on esitetty kompostointiketjun kustannukset.

**Taulukko 8.** Kompostointiketjun kustannuslaskennassa käytetyt parametrit.

Parametri	Arvo	Peruste
Tukiaineen tilavuus suhteessa lietelannan tilavuuteen [m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	1,6	Hyvärinen 2004
Lietelannan ja turpeen limittyminen ennen rumpukompostoria [%]	50	Hyvärinen 2004
Kompostin tilavuus alkuperäisestä rumpukompostorin jälkeen [%]	75	Hyvärinen 2004
Kompostin tilavuus alkuperäisestä patterivarastoinnin jälkeen [%]	50	Hyvärinen 2004
Kompostoidun aineksen tiheys rumpukompostorin jälkeen [kg/m <sup>3</sup> ]	500	Hyvärinen 2004
Kompostoidun aineksen tiheys patterivarastoinnin jälkeen [kg/m <sup>3</sup> ]	750	Hyvärinen 2004
Lietelanta-turveseoksen viipymäaika kompostirummussa [vrk]	7	Hyvärinen 2004
Rumpukompostorin hyötytilavuus [%]	60	Hyvärinen 2004
Rumpukompostoidun lietelannan välivarastointiaika [kk]	3	VNa 931/2000
Välivarastointiauman leveys [m]	4	Tekijän valinta
Välivarastointiauman ja patteriauman sivujen suhde	1:1:1	Tekijän valinta
Patteriauman leveys [m]	3	Tekijän valinta
Turvekerroksen paksuus patteriauman päällä [m]	0,1	VNa 931/2000
Turvekerroksen paksuus patteriauman alla [m]	0,15	VNa 931/2000
Rumpukompostorin sähkön tarve (25m <sup>3</sup> ) [kWh/a]	5 400	Rumen 2004
Rumpukompostorin sähkön tarve (50m <sup>3</sup> ) [kWh/a]	11 748	Rumen 2004
Rumpukompostorin sähkön tarve (75m <sup>3</sup> ) [kWh/a]	17 556	Rumen 2004
Rumpukompostorin sähkön tarve (100m <sup>3</sup> ) [kWh/a]	23 430	Rumen 2004
Rumpukompostorin sähkön tarve (125m <sup>3</sup> ) [kWh/a]	29 304	Rumen 2004
Tarvittava hallikorkeus 25 ja 50 m <sup>3</sup> :n rumpukompostorille [m]	4	Rumen 2004
Tarvittava hallikorkeus 75, 100 ja 125 m <sup>3</sup> :n rumpukompostorille [m]	5	Rumen 2004
Tarvittava hallin ala 25 ja 50 m <sup>3</sup> :n rumpukompostorille [m <sup>2</sup> ]	100	Rumen 2004
Tarvittava hallin ala 75, 100 ja 125 m <sup>3</sup> :n rumpukompostorille [m <sup>2</sup> ]	147	Rumen 2004
Turpeen hinta [€/t]	6	Hyvärinen 2004
Kompostorihallin hinta [€/m <sup>2</sup> ]	242	Hyvärinen 2004
25 m <sup>3</sup> :n rumpukompostorin hinta [€]	90 640	Rumen 2004 (+ 10 %)
50 m <sup>3</sup> :n rumpukompostorin hinta [€]	105 600	Rumen 2004 (+ 10 %)
75 m <sup>3</sup> :n rumpukompostorin hinta [€]	116 490	Rumen 2004 (+ 10 %)
100 m <sup>3</sup> :n rumpukompostorin hinta [€]	152 460	Rumen 2004 (+ 10 %)
125 m <sup>3</sup> :n rumpukompostorin hinta [€]	159 060	Rumen 2004 (+ 10 %)
25, 50 ja 75 m <sup>3</sup> :n rumpukompostorin asennus [€]	5 280	Rumen 2004 (+ 10 %)
100 ja 125 m <sup>3</sup> :n rumpukompostorin asennus [€]	8 690	Rumen 2004 (+ 10 %)
Kaksoissiirtoruuvien (rumpu ≥ 75 m <sup>3</sup> ja tukiainevarasto) hinta [€]	9 900	Rumen 2004 (+ 10 %)
Tukiainevaraston (rumpu ≥ 75 m <sup>3</sup> ) hinta [€]	16 500	Rumen 2004 (+ 10 %)
Etukuormain kompostoidun lannan kuormaamiseen [€]	9 000	Koneviesti 2004
Etukuormaimen kohdentaminen kompostointiketjuun [%]	80	Tekijän valinta
Välivaraston hinta 100 m <sup>2</sup> :iin asti [€/m <sup>2</sup> ]	15	MMM-RMO C4 2001
Välivaraston hinta 100 m <sup>2</sup> :n yltävältä osalta [€/m <sup>2</sup> ]	12	MMM-RMO C4 2001
Kompostoidun lannan levitin (tilavuus 11 m <sup>3</sup> , työleveys 9 m) [€]	13 299	Koneviesti 2004



**Taulukko 8 jatkoa.** Kompostointiketjun kustannuslaskennassa käytetyt parametrit

Parametri	Arvo	Peruste
Kompostoidun lannan levitin (tilavuus 15 m <sup>3</sup> , työleveys 12 m) [€]	20 066	Koneviesti 2004
Kuivalantavaunun tilavuus (nautojen lukumäärä 25 ja 50) [m <sup>3</sup> ]	11	Tekijän valinta
11 m <sup>3</sup> : n kuivalantavaunun työleveys [m]	9	Tekijän valinta
Kuivalantavaunun tilavuus (nautojen lukumäärä 100 - 250) [m <sup>3</sup> ]	15	Tekijän valinta
15 m <sup>3</sup> : n kuivalantavaunun työleveys [m]	12	Tekijän valinta
Kompostoinnin ihmistyö (rumpu 25, 50 m <sup>3</sup> ; ei tukiainev.) [h/a]	365	Rumen 2004
Kompostoinnin ihmistyö (rumpu 75 m <sup>3</sup> , tukiainevarasto) [h/a]	90	Rumen 2004
Kompostoinnin ihmistyö (rumpu 100 m <sup>3</sup> ; tukiainevarasto) [h/a]	120	Rumen 2004
Kompostoinnin ihmistyö (rumpu 125 m <sup>3</sup> ; tukiainevarasto) [h/a]	162	Rumen 2004
Kompostoinnin traktorityö (rumpu 25, 50 m <sup>3</sup> ; ei tukiainev.) [h/a]	365	Rumen 2004
Kompostoidun lannan kuormaus välivarastoon [min/m <sup>3</sup> ]	7	Tekijän valinta
Kompostin välivarastoinnin aloitus ja lopetus [min/kerta]	1,9	Palva et al. 2004a
Kompostoidun lannan välivarastoon siirtelymäärä kerralla [m <sup>3</sup> /kerta]	10	Tekijän valinta
Kuormauksen työnormi (kompostoitu- ja kuivalanta, hajalevitys, etukuormain, lantala, levitysmäärä 40 m <sup>3</sup> /ha, levitysvaunun tilavuus 11 m <sup>3</sup> ) [min/ha]	68,9	Palva et al. 2004a
Kuormauksen työnormi (kompostoitu- ja kuivalanta, hajalevitys, etukuormain, lantala, levitysmäärä 40 m <sup>3</sup> /ha, levitysvaunun tilavuus 15 m <sup>3</sup> ) [min/ha]	63,9	Palva et al. 2004a
Levityksen työnormi (kompostoitu- ja kuivalanta, hajalevitys, työleveys 9 m, traktorin nopeus 3,0 km/h) [min/ha]	36,9	Palva et al. 2004a
Levityksen työnormi (kompostoitu- ja kuivalanta, hajalevitys, työleveys 12 m, traktorin nopeus 3,0 km/h) [min/ha]	28,1	Palva et al. 2004a
Kompostointiketjun typen hävikki, koko ketju [%]	60	Vuorinen & Saharinen 1999; Pipatti et al. 2000
Kompostointiketjun fosforin hävikki, levitys [%]	1	Tekijän valinta
Kompostointiketjun kaliumin hävikki, levitys [%]	1,0	Tekijän valinta
Kompostoinnin jälkeen orgaanisen typen osuus [%]	90	Prokkola et al. 2003
Kompostointiketjun jälkeen liukoisen typen osuus [%]	10	Prokkola et al. 2004
Kompostoidun lannan orgaanisesta tyypestä arvostetaan väkilannoitetyypeksi [%]	15	Kapuinen 2002b
Kompostoidun lannan kokonaisfosforista otetaan huomioon [%]	75	Kapuinen 2002b
Kompostoidun lannan kaliumista otetaan huomioon [%]	100	Kapuinen 2002b

**Taulukko 9.** Kompostointiketjun rakennelmien ja koneiden investointihinnat.

<b>Investoinnit</b>	<b>25</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>150</b>	<b>200</b>	<b>250</b>
Rumpukompostori + ruuvit	90 640	105 600	162 360	242 880	314 820	327 120
Kompostorihalli	24 200	24 200	35 665	71 330	71 330	71 330
Tukiainevarasto	0	0	16 500	16 500	16 500	16 500
Kuivalantavaunu levittimellä	13 299	13 299	20 066	20 066	20 066	20 066
Etukuormain	7 200	7 200	7 200	7 200	7 200	7 200
Kompostin välivarasto	3 221	6 076	11 785	17 495	23 204	28 914
Rummun asennus	5 280	5 280	8 690	10 560	17 380	17 380
<b>Yhteensä</b>	<b>143 840</b>	<b>161 655</b>	<b>262 266</b>	<b>386 030</b>	<b>470 500</b>	<b>488 510</b>

**Taulukko 10.** Kompostointiketjun ihmistyö tunteina.

<b>Ihmistyö</b>	<b>25</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>150</b>	<b>200</b>	<b>250</b>
Kompostointi	365	365	120	180	240	324
Siirtely varastoon	70	140	281	421	562	702
Kuljetus patteriin	10	19	28	43	57	71
Kuormaus patterista levityskalustoon + levitys	17	34	60	90	120	150
<b>Yhteensä [h/a]</b>	<b>462</b>	<b>559</b>	<b>489</b>	<b>733</b>	<b>978</b>	<b>1 246</b>
<b>Yhteensä [min/m<sup>3</sup>]</b>	<b>46</b>	<b>28</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>

**Taulukko 11.** Kompostointiketjun ihmistyö kahdeksan tunnin työpäivinä.

<b>Ihmistyö</b>	<b>25</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>150</b>	<b>200</b>	<b>250</b>
Kompostointi	46	46	15	23	30	41
Siirtely varastoon	9	18	35	53	70	88
Kuljetus patteriin	1	2	4	5	7	9
Kuormaus patterista levityskalustoon + levitys	2	4	7	11	15	19
<b>Yhteensä [vrk<sub>8h</sub>/a]</b>	<b>58</b>	<b>70</b>	<b>61</b>	<b>92</b>	<b>122</b>	<b>156</b>

**Taulukko 12.** Kompostointiketjun kustannukset

<b>INVESTOINNIT</b>	<b>aika</b>	<b>korko</b>	<b>25</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>150</b>	<b>200</b>	<b>250</b>
Rumpukomp. ja ruuvit	15	5 %	8 732	10 174	15 642	23 400	30 330	31 515
Kompostorihalli	20	5 %	1 942	1 942	2 862	5 724	5 724	5 724
Tukiainevarasto	15	5 %	0	0	1 590	1 590	1 590	1 590
Kuivalantavaunu + levitin	15	5 %	1 281	1 281	1 933	1 933	1 933	1 933
Etukuormain	15	5 %	694	694	694	694	694	694
Kompostin välivarasto	20	5 %	258	488	946	1 404	1 862	2 320
Rummun asennus	15	5 %	509	509	837	1 017	1 674	1 674
<b>Yhteensä [€a]</b>			<b>13 416</b>	<b>15 087</b>	<b>24 503</b>	<b>35 761</b>	<b>43 807</b>	<b>45 450</b>
<b>Yhteensä [€m<sup>3</sup>]</b>			<b>22,36</b>	<b>12,57</b>	<b>10,21</b>	<b>9,93</b>	<b>9,13</b>	<b>7,58</b>
<b>HUOLTO- JA KUNNOSSAPITO</b>	<b>% HH</b>							
Rumpukomp. ja ruuvit	2 %		1 813	2 112	3 247	4 858	6 296	6 542
Kompostorihalli	1 %		242	242	357	713	713	713
Tukiainevarasto	2 %		0	0	330	330	330	330
Kuivalantavaunu + levitin	2 %		266	266	401	401	401	401
Etukuormain	2 %		144	144	144	144	144	144
Kompostin välivarasto	1 %		32	61	118	175	232	289
<b>Yhteensä [€a]</b>			<b>2 497</b>	<b>2 825</b>	<b>4 597</b>	<b>6 621</b>	<b>8 117</b>	<b>8 420</b>
<b>Yhteensä [€m<sup>3</sup>]</b>			<b>4,16</b>	<b>2,35</b>	<b>1,92</b>	<b>1,84</b>	<b>1,69</b>	<b>1,40</b>
<b>MUUTTUVAT KUSTANNUKSET</b>								
Traktorityö (kuormaus, kuljetus ja levitys)			389	779	1 278	1 917	2 556	3 195
Ihmistyö (kuormaus, kuljetus ja levitys)			363	725	1 190	1 785	2 380	2 975
Ihmistyö kompostointi			4 928	4 928	1 620	2 430	3 240	4 374
Traktorityö kompostointi			5 293	5 293	0	0	0	0
Ihmistyö siirto välivarastoon			948	1 895	3 791	5 686	7 582	9 477
Traktorityö siirto välivarastoon			1 018	2 036	4 072	6 107	8 143	10 179
Kompostoinnin sähkö			457	994	1 982	2 970	3 964	4 958
Turvekate			909	1 818	3 637	5 455	7 274	9 092
Kompostoinnin tukiainekustannus			5 760	11 520	23 040	34 560	46 080	57 600
<b>Yhteensä [€a]</b>			<b>20 064</b>	<b>29 987</b>	<b>40 609</b>	<b>60 911</b>	<b>81 219</b>	<b>101 850</b>
<b>Yhteensä [€m<sup>3</sup>]</b>			<b>33,44</b>	<b>24,99</b>	<b>16,92</b>	<b>16,92</b>	<b>16,92</b>	<b>16,98</b>
<b>KUSTANNUKSET YHTEENSÄ</b>								
<b>Yhteensä [€a]</b>			<b>35 977</b>	<b>47 899</b>	<b>69 710</b>	<b>103 294</b>	<b>133 143</b>	<b>155 721</b>
<b>Yhteensä [€m<sup>3</sup>]</b>			<b>59,96</b>	<b>39,92</b>	<b>29,05</b>	<b>28,69</b>	<b>27,74</b>	<b>25,95</b>
<b>KOMPOSTOIDUN LANNAN RAVINTEET</b>								
<b>Yhteensä [€a]</b>			<b>-1 240</b>	<b>-2 480</b>	<b>-4 961</b>	<b>-7 441</b>	<b>-9 921</b>	<b>-12 402</b>
<b>Yhteensä [€m<sup>3</sup>]</b>			<b>-3,18</b>	<b>-3,18</b>	<b>-3,18</b>	<b>-3,18</b>	<b>-3,18</b>	<b>-3,18</b>
<b>KUSTANNUKSET SÄÄSTÖINEEN</b>								
<b>Yhteensä [€a]</b>			<b>34 737</b>	<b>45 418</b>	<b>64 749</b>	<b>95 852</b>	<b>123 222</b>	<b>143 319</b>
<b>Yhteensä [€m<sup>3</sup>]</b>			<b>58</b>	<b>38</b>	<b>27</b>	<b>27</b>	<b>26</b>	<b>24</b>

## Mädätysketju

Lietelannan mädätys käsittää lietelannan mädätyksen, varastoinnin, sekoituksen, kuormauksen, kuljetuksen ja peltolevityksen sekä mädätyksestä saatavan biokaasun hyödyntämisen energiana.

Lietelanta pumpataan pumppukaivolta WISA-mädätysjärjestelmään, joka koostuu ns. lämpöeristetyistä fermentterimoduleista. Näitä valmiita modulikontteja valitaan käsiteltävän lietelantamäärän mukaan sopiva määrä. Mädätetty liete pumpataan katettuun lietelantasäiliöön, jossa sitä varastoidaan siihen asti kunnes sen voi nitraattiasetuksen mukaan levittää. Lopulta liete sekoitetaan, kuormataan, kuljetetaan ja levitetään peltoon. Levityksessä käytetään letkulevitysmenetelmää. Mädätysketjun kustannuslaskennassa käytetään taulukon 2 ja 13 parametreja. Taulukkoon 14 on koottu mädätysketjun hankintahinnat ja taulukkoon 15 ja 16 mädätysketjun ihmistyömäärät. Taulukossa 17 on esitetty mädätysketjun kustannukset.

Tarvittava reaktoritilavuus on laskettu 7 kaavan avulla ja fermenttorien lukumäärä kaavan 8 avulla.

$$V_{\text{reaktorit}} = \frac{Q_{\text{lanta}}}{365} \cdot t_{\text{mädätys}} \quad (7)$$

$V_{\text{reaktorit}}$	tarvittava reatoritilavuus [m <sup>3</sup> ]
365	vuorokausien määrä vuodessa [vrk/a]
$Q_{\text{lanta}}$	lannan määrä [m <sup>3</sup> /a]
$t_{\text{mädätys}}$	viipymäaika fermenttorissa [vrk]

$$N_{\text{reaktori}} = \frac{V_{\text{reaktori}}}{\eta_{\text{reaktori}}} \quad (8)$$

$N_{\text{reaktori}}$	tarvittava reaktorilukumäärä [kpl]
$V_{\text{reaktori}}$	yhden reaktorin tilavuus [m <sup>3</sup> ]
$\eta_{\text{reaktori}}$	reaktorin hyötytilavuus [m <sup>3</sup> ]

**Taulukko 13.** Mädätysketjun kustannuslaskennassa käytetyt parametrit.

Parametri	Arvo	Peruste
Lietelannan TS [%]	10	Lamminen 2001; Mikkola et al. 2002; Prokkola et al. 2003; Maa- ja metsätalousministeriö 2004a; Ørtenblad 2004
Lietelannan VS [% TS:sta]	80	Lamminen 2001
Mädätetyn lietelannan tiheys [kg/m <sup>3</sup> ]	1 000	Tekijän valinta (tiheys ei merkittävästi muutu mädätyksessä)
Lietelannan biokaasun tuotto [m <sup>3</sup> /kgVS]	0,3	Rintala et al. 2002
Biokaasun metaanipitoisuus [%]	54	Lamminen 2001
Metaanin lämpöarvo [kWh/m <sup>3</sup> ]	10	Maakaasuyhdistys ry 2004
Mädätyksen mitoituksessa käytettävä VS kuorma [kgVS/m <sup>3</sup> d]	3,5	Walter 2005b
VS:n vähenemä mädätyksessä [%]	40	Walter 2005a
Veden vähenemä mädätyksessä [%]	10	Walter 2005a
Fermenttorin hyötytilavuus [m <sup>3</sup> ]	62	Walter 2005b
Mädätysaika [vrk]	25	Walter 2005b
Mädätysjärjestelmän käyttötunnit vuodessa [h/a]	8 250	Walter 2005b
Mädätysjärjestelmän käyttämä sähkö tuotetusta sähköstä [%]	5	Walter 2005b
Mädätysjärjestelmän käyttämä lämpö tuotetusta lämmöstä [%]	10	Walter 2005b
Kevyen polttoöljyn (apupolttoaineen) tarve biokaasun käytöstä (30 ja 40 kW:n moottoreissa) [%]	10	Walter 2005b
5,5 kW:n moottorin (gas engine) sähkön ja lämmöntuoton hyötysuhde [%]	27 ja 61	Walter 2005b
30 kW:n moottorin (pilot flame) sähkön ja lämmöntuoton hyötysuhde [%]	30 ja 44	Walter 2005b
40 kW:n moottorin (pilot flame) sähkön ja lämmöntuoton hyötysuhde [%]	33 ja 44	Walter 2005b
Kevyen polttoöljyn tiheys [kg/l]	0,87	Alakangas 2000
Kevyen polttoöljyn lämpöarvo [MJ/kg]	42,5	Alakangas 2000
Kevyen polttoöljyn hinta [€/l]	0,45	Öljy- ja Kaasualan Keskusliitto 2004
Lietelantasäiliön hinnan laskennassa käytetty vakio y	350	MMM-RMO C4 2001
lietelantasäiliön hinnan laskennassa käytetty potenssi	0,6	MMM-RMO C4 2001
Lietelantasäiliön katteen kustannus [€/m <sup>2</sup> ]	17	MMM-RMO C4 2001
Traktorikäyttöinen pumppu-sekoitin sekoitukseen [€]	3 640	Koneviesti 2004
12 m <sup>3</sup> :n lietelannan levitysvaunu mädätetylle ja raakalannalle [€]	20 292	Koneviesti 2004
16 m <sup>3</sup> lietelannan levitysvaunu mädätetylle ja raakalannalle [€]	30 000	Mäki 2004
12 m leveä letkulevitin lietelannan levitysvaunuun [€]	9 017	Koneviesti 2004

**Taulukko 13 jatkoa.** Mädätysketjun kustannuslaskennassa käytetyt parametrit.

Parametri	Arvo	Peruste
16 m leveä letkulevitin lietelannan levitysvaunuun [€]	15 000	Mäki 2004
Levitysvaunujen oheistarpeet [€]	1 082	Mäki 2004
Mädätysjärjestelmän hinta (1 kpl fermenttori, 1 kpl 5,5 kW kaasumoottori) [€]	256 908	Rumen 2004 (lisätty 10 %)
Mädätysjärjestelmän hinta (2 kpl fermenttori, 1 kpl 5,5 kW kaasumoottori) [€]	323 533	Rumen 2004 (lisätty 10 %)
Mädätysjärjestelmän hinta (3 kpl fermenttori, 2 kpl 5,5 kW kaasumoottori) [€]	423 309	Rumen 2004 (lisätty 10 %)
Mädätysjärjestelmän hinta (4 kpl fermenttori, 3 kpl 5,5 kW kaasumoottori) [€]	526 679	Rumen 2004 (lisätty 10 %)
Mädätysjärjestelmän hinta (5 kpl fermenttori, 1 kpl 30 kW pilot flame engine) [€]	638 124	Rumen 2004 (lisätty 10 %)
Mädätysjärjestelmän hinta (6 kpl fermenttori, 1 kpl 40 kW pilot flame engine) [€]	703 815	Rumen 2004 (lisätty 10 %)
Mädätysjärjestelmän hinta (7 kpl fermenttori, 1 kpl 40 kW pilot flame engine) [€]	770 440	Rumen 2004 (lisätty 10 %)
Mädätysjärjestelmän hinta (8 kpl fermenttori, 1 kpl 40 kW pilot flame engine) [€]	837 065	Rumen 2004 (lisätty 10 %)
Energiayksikön huoltokustannus tuotettua kilowattituntia (sähkö) kohden [€/kWh]	0,015	Walter 2005b
Mädätysjärjestelmän huolto- ja kunnossapitokustannukset investointikustannuksesta [%]	0,1	Walter 2005b
Lietelantavaunun tilavuus (nautojen lukumäärä 25 ja 50) [m <sup>3</sup> ]	12	Tekijän valinta
Letkulevittimen leveys (12 m <sup>3</sup> :n lietevaunuun) [m]	12	Tekijän valinta
Lietelantavaunun tilavuus (nautojen lukumäärä 100 - 250) [m <sup>3</sup> ]	16	Tekijän valinta
Letkulevittimen leveys (16 m <sup>3</sup> :n lietevaunuun) [m]	16	Tekijän valinta
Lietteen (mädätetyn ja raakalannan) tarvitsema sekoitusaika [h/t]	3	Virtanen 2004
Kuormauksen työnormi (letkulevitys, traktoripumppu, päältätäyttö, levitysmäärä 40 m <sup>3</sup> /ha, lietevaunun tilavuus 12 m <sup>3</sup> ) [min/ha]	31,9	Palva et al. 2004a
Kuormauksen työnormi (letkulevitys, traktoripumppu, päältätäyttö, levitysmäärä 40 m <sup>3</sup> /ha, lietevaunun tilavuus 16 m <sup>3</sup> ) [min/ha]	28	Palva et al. 2004a
Levityksen työnormi (letkulevitys, letkulevitin 12 m, nopeus 3,0 km/h) [min/ha]	29,7	Palva et al. 2004a
Levityksen työnormi (letkulevitys, letkulevitin 16 m, nopeus 3,0 km/h) [min/ha]	22,6	Palva et al. 2004a
Mädätykseen kuluva työ kaikissa kokoluokissa [h/a]	548	Walter 2005a
Mädätysketjun liukoisen typen hävikki, varastointi [%]	1	Kallioniemi 2002

**Taulukko 13 jatkoa.** Mädätysketjun kustannuslaskennassa käytetyt parametrit.

Parametri	Arvo	Peruste
Mädätysketjun liukoisen typen hävikki, levitys [%]	10	Puumala & Grönroos 2004; Ørtenblad 2005
Mädätysketjun fosforin hävikki, levitys [%]	1	Tekijän valinta
Mädätysketjun fosforin hävikki, levitys [%]	1	Tekijän valinta
Mädätyksessä orgaanisesta tyypestä muuttuu liukoiseksi tyypeksi [%]	40	Taavitsainen et al. 2002 ref. Jokela 2002
Mädätysketjussa väkilannoitetyypeksi lasketaan liuk. tyypestä [%]	100	Kapuinen 2002b
Mädätysketjussa kokonaisfosforista otetaan huomioon [%]	75	Kapuinen 2002b
Mädätysketjussa lannan kaliumista otetaan huomioon [%]	100	Kapuinen 2002b

**Taulukko 14.** Mädätysketjun rakennelmien ja koneiden investointihinnat.

Investoinnit	25	50	100	150	200	250
Mädätysjärjestelmä, energiantuotanto [€]	256 908	323 533	423 309	526 679	638 124	770 440
Lietesäiliö [€]	18 341	27 799	42 136	53 741	63 866	73 016
Pumppu-sekoitin [€]	3 640	3 640	3 640	3 640	3 640	3 640
Lietevaunu + letkulevitin [€]	29 309	29 309	45 000	45 000	45 000	45 000
Lietteen levityksen oheislaitteet [€]	1 082	1 082	1 082	1 082	1 082	1 082
<b>Yhteensä [€]</b>	<b>309 279</b>	<b>385 363</b>	<b>515 167</b>	<b>630 142</b>	<b>751 712</b>	<b>893 178</b>

**Taulukko 15.** Mädätysketjun ihmistyö tunteina.

Ihmistyö	25	50	100	150	200	250
Mädätys	548	548	548	548	548	548
Mädätteen kuormaus, kuljetus ja levitys	21	43	68	103	137	171
<b>Yhteensä [h/a]</b>	<b>569</b>	<b>590</b>	<b>616</b>	<b>650</b>	<b>684</b>	<b>718</b>
<b>Yhteensä [min/m<sup>3</sup>]</b>	<b>56,9</b>	<b>29,5</b>	<b>15,4</b>	<b>10,8</b>	<b>8,6</b>	<b>7,2</b>

**Taulukko 16.** Mädätysketjun ihmistyö kahdeksan tunnin työpäivinä.

Ihmistyö	25	50	100	150	200	250
Mädätys	68	68	68	68	68	68
Mädätteen kuormaus, kuljetus ja levitys	3	5	9	13	17	21
<b>Yhteensä [vrk<sub>8h</sub>/a]</b>	<b>71</b>	<b>74</b>	<b>77</b>	<b>81</b>	<b>86</b>	<b>90</b>

Taulukko 17. Mädatysketjun kustannukset.

<b>INVESTOINNIT</b>	<b>aika</b>	<b>korko</b>	<b>25</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>150</b>	<b>200</b>	<b>250</b>
Mädatysjärjestelmä	15	5 %	24 751	31 170	40 783	50 741	61 478	74 226
Lietesäiliö	20	5 %	1 472	2 231	3 381	4 312	5 125	5 859
Pumppu-sekoitin	15	5 %	351	351	351	351	351	351
Lietevaunu + letkulevitin	15	5 %	2 824	2 824	4 335	4 335	4 335	4 335
Levityksen oheislaitteet	15	5 %	104	104	104	104	104	104
<b>Yhteensä [€a]</b>			<b>29 501</b>	<b>36 679</b>	<b>48 954</b>	<b>59 844</b>	<b>71 393</b>	<b>84 875</b>
<b>Yhteensä [€m<sup>3</sup>]</b>			<b>49,17</b>	<b>30,57</b>	<b>20,40</b>	<b>16,62</b>	<b>14,87</b>	<b>14,15</b>
<b>HUOLTO- JA KUNNOSSAPITO</b>		<b>% HH</b>						
Mädatysjärjestelmä		0,1 %	191	241	315	392	476	574
Energiantuotanto ( HUOM! €tuotettua kW kohti)		0,015	297	593	1 186	1 780	3 138	4 315
Lietesäiliö		1 %	183	278	421	537	639	730
Pumppu-sekoitin		2 %	73	73	73	73	73	73
Lietevaunu + letkulevitin		2 %	586	586	900	900	900	900
Levityksen oheislaitteet		2 %	22	22	22	22	22	22
<b>Yhteensä [€a]</b>			<b>1 352</b>	<b>1 793</b>	<b>2 918</b>	<b>3 704</b>	<b>5 246</b>	<b>6 613</b>
<b>Yhteensä [€m<sup>3</sup>]</b>			<b>2,25</b>	<b>1,49</b>	<b>1,22</b>	<b>1,03</b>	<b>1,09</b>	<b>1,10</b>
<b>MUUTTUVAT KUSTANNUKSET</b>								
Traktorityö lannan kuormaus, kuljetus ja levitys			335	669	1 083	1 624	2 166	2 707
Ihmistyö lannan kuormaus, kuljetus ja levitys			290	580	923	1 384	1 846	2 307
Ihmistyö mädatys			7 391	7 391	7 391	7 391	7 391	7 391
Apupolttoaine			0	0	0	0	4 882	6 103
<b>Yhteensä [€a]</b>			<b>8 016</b>	<b>8 641</b>	<b>9 397</b>	<b>10 400</b>	<b>16 284</b>	<b>18 508</b>
<b>Yhteensä [€m<sup>3</sup>]</b>			<b>13,36</b>	<b>7,20</b>	<b>3,92</b>	<b>2,89</b>	<b>3,39</b>	<b>3,08</b>
<b>KUSTANNUKSET YHTEENSÄ</b>								
<b>Yhteensä [€a]</b>			<b>38 870</b>	<b>47 113</b>	<b>61 268</b>	<b>73 948</b>	<b>92 924</b>	<b>109 996</b>
<b>Yhteensä [€m<sup>3</sup>]</b>			<b>64,78</b>	<b>39,26</b>	<b>25,53</b>	<b>20,54</b>	<b>19,36</b>	<b>18,33</b>
<b>ENERGIA</b>								
Sähkö			-1 589	-3 178	-6 357	-9 535	-16 812	-23 117
Lämpö			-2 010	-4 020	-8 041	-12 061	-13 806	-17 258
<b>Energia yhteensä [€a]</b>			<b>-3 599</b>	<b>-7 199</b>	<b>-14 398</b>	<b>-21 596</b>	<b>-30 619</b>	<b>-40 375</b>
<b>Energia yhteensä [€m<sup>3</sup>]</b>			<b>-6,00</b>	<b>-6,00</b>	<b>-6,00</b>	<b>-6,00</b>	<b>-6,38</b>	<b>-6,73</b>
<b>MÄDÄTETYN LANNAN RAVINTEET</b>								
<b>Yhteensä [€a]</b>			<b>-2 093</b>	<b>-4 187</b>	<b>-8 375</b>	<b>-12 563</b>	<b>-16 751</b>	<b>-20 939</b>
<b>Yhteensä [€m<sup>3</sup>]</b>			<b>-3,97</b>	<b>-3,97</b>	<b>-3,97</b>	<b>-3,97</b>	<b>-3,97</b>	<b>-3,97</b>
<b>KUSTANNUKSET SÄÄSTÖINEEN</b>								
<b>Yhteensä [€a]</b>			<b>33 177</b>	<b>35 727</b>	<b>38 495</b>	<b>39 788</b>	<b>45 554</b>	<b>48 682</b>
<b>Yhteensä [€m<sup>3</sup>]</b>			<b>55,29</b>	<b>29,77</b>	<b>16,04</b>	<b>11,05</b>	<b>9,49</b>	<b>8,11</b>